

版权注意事项：

- 1、书籍版权归作者和出版社所有
- 2、本PDF仅限用于个人获取知识，进行私底下的知识交流
- 3、PDF获得者不得在互联网上以任何目的进行传播
- 4、如觉得书籍内容很赞，请购买正版实体书，支持作者
- 5、请于下载PDF后24小时内删除本PDF。



App架构师

实践指南

SkySeraph 潘旭玲◎著

- ★ 全面介绍了在移动应用开发的架构设计和性能优化方面的知识，是架构师的必备书籍
- ★ 讲述了移动应用架构师需要了解的技能、思想等整体的发展方向，是移动架构师成长的路线图
- ★ 读者不仅可以学习到移动应用的开发技术，更能收获到在实战项目中会用到的各种工程化的知识，是架构师的学习宝典



中国工信出版集团



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



App架构师

实践指南

SkySeraph 潘旭玲◎著

人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (CIP) 数据

App架构师实践指南 / SkySeraph, 潘旭玲著. -- 北京: 人民邮电出版社, 2018.4
ISBN 978-7-115-47709-5

I. ①A… II. ①S… ②潘… III. ①移动终端—应用程序—程序设计—指南 IV. ①TN929.53-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第002766号

内 容 提 要

本书全面讲解了成为移动应用架构师必备的知识, 以及需要学习的技术, 主要内容包括 App 架构师成长路线、App 基础语法系列、App 开发工具系列、App SDK 使用系列、开源库的选择和使用、App 常用模块设计、App 架构和重构、App 质量和稳定性系列、App 性能优化系列、App 安全逆向系列、App 热门技术、项目管理、产品思维、设计理念、推广运营、打造高效团队、架构师思维等综合技能。

本书适合企业一线 App 开发工程师、程序员、产品经理等从业者阅读, 也适合作为大专院校相关专业师生的学习用书和培训学校的教材。

-
- ◆ 著 SkySeraph 潘旭玲
 - 责任编辑 张 涛
 - 责任印制 焦志炜
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
三河市潮河印业有限公司印刷
 - ◆ 开本: 800×1000 1/16
印张: 21.25
字数: 502 千字
印数: 1-2 400 册
- 2018 年 4 月第 1 版
2018 年 4 月河北第 1 次印刷
-

定价: 79.00 元

读者服务热线: (010)81055410 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

广告经营许可证: 京东工商广登字 20170147 号



序一

移动互联网的世界，靠一个个 App 向世人展示了其无穷的魅力。我们惊叹于移动设备上因为一个个 App 图标而绽放其光彩的同时，也不可避免地对 App 的开发产生一丝的好奇。

近年来，App 的开发方兴未艾，每天有大量新的 App 上线，也有大量的 App 通过手机等移动终端产生大量的数据流量，汇集了大量的用户，并且因为这些数据流量，构成了一个由 App 开发到商家利用 App 吸引用户而产生的巨大的消费生态链，催生了新的经济增长点，也增加了大量的就业机会。

这其中，App 的开发是重要而颇具技术含量的一个环节。目前，市面关于 App 开发的书籍，较多以片面的技术开发为切入点，未能对移动应用开发进行系统性的讲解，尽管可以令读者在短时间内掌握 App 开发方法，但是随着 App 使用越来越多，App 架构越来越复杂，从长远来看，我们需要的不只是普通的 App 开发人员，更需要一个能从架构体系上对 App 开发有全面了解并能全程掌控的技术人员。作者在这样的情况下撰写了这本书是恰逢其时的。

本书第一篇从 App 系统架构师的成长路线轻松切入，一目了然地让读者明白 App 架构师到底是做什么的，然后通过 App 基础语法、开发工具等基础知识，阐述了 App 开发的基本功。第二篇正式展开描述了架构师必备的关于 App 开发过程中所需的综合技巧，其中涵盖了 App 常用模块设计、App 架构和重构、质量和稳定性、性能优化、安全逆向及热门技术等内容，深入浅出地将一个合格架构师应该掌握的内容娓娓道来。第三篇从团队合作的角度描述了 App 架构师如何高效地开发和管理一个 App 项目，并使该项目具有可持续发展的可能。第四篇则以轻松的口吻向所有希望通过本书完成 App “码农”向“架构师”升华的程序员们介绍了一些心得体会。

这本书整体让我感受到作者满满的诚意以及他对 App 开发产业极大的期许，相信本书的出版，一定会带给那些希望在 App 开发这个洪流中异军突起的程序员们无限的希望。

移动互联网是未来物联网世界和大数据世界的基础设施，App 开发是移动互联网目前产生价值最核心的技术。我们有理由相信，随着 App 开发需求的日益强盛，App 架构师也会越来越得到重视，并成为 App 开发产业的中坚力量，那么这本书就能给予这些人希望和助力。

华侨大学工学院院长 郑力新教授
于厦门

序二

一天，突然收到本书作者写序的邀请，荣幸和高兴之余，就是忐忑不安，感觉还是难以胜任。斗胆写序，我想主要还是被一种自豪感推动，因为曾经和这样的优秀青年有过教学相长的缘分。作者多年前曾在我们学校求学，应该算是我比较熟悉的一位学生，我们之间的关系应该是属于亦师亦友之类。不知道为什么事情，晚上两人曾经在操场上长谈，谈的什么内容，不记得了，只是脑海中留下有独立想法、并可以为之奋斗的年轻人的印象。后面他考上研究生继续深造，由于各种事务忙乱，我们很久都没有了联系。直到去年学院要找一些校外指导教师，再次联系上，他已经在知名企业做得非常出色了。在这本书中，他也记录了一些当年在我们学校求学的片段，但是内容和我印象中还是不一样的，我也觉得有些遗憾，之前不曾了解他做过这么多事情，其实应该给他这样的学生更好的成长平台和机会。

这本书主题是颇为宏大的移动应用架构师之路。书中囊括整个移动应用开发中涉及的方方面面，可谓是一本指南性纲要。本书从应用开发的技术基础和路径引入，围绕体系架构、质量控制和安全性能展开了浓墨重彩的介绍，也对应用部署和运营结合自身经验进行了论述。书中给出了大量经典文献或者文章的出处，可谓是一个技术索引，引导技术人员探窥整个移动应用的技术森林，在这一点上我觉得颇有国外经典论著的风范。不过作为阅读者，可能需要一定的技术基础或者从业经验，这样阅读本书可能收获会更大。作者文笔不错，书的可读性很强，结合了作者自身从业的酸甜苦辣，把一个技术架构开发纲领写得异常生动活泼。

在写序交流中，我问作者，为什么会想到写书，因为在我看来写书还是很苦的，颇为不易。他说，就是想做一个小结，总结一下之前的工作和经历，这和我印象中的那个年轻人依然是高度一致的。纵然是一个困难的事情，他有一个想法，他会为之不断努力。谢谢作者给我这样一个写序的机会，我希望你能继续坚持努力下去。那个帅气的年轻人，我在母校为你自豪。

湖南文理学院电气与信息工程学院院长 李建奇
于湖南常德白马湖畔

精彩书评

这是一部非常有价值的书！很多人会因为这本书而让自己的职场生涯加速进化；很多人会因为这本书而让自己和家人的生活乃至命运变得更好；甚至很多公司也因此而改变命运，变得更加成功！从某种意义而言，这也是一部“重要”的书。我想衷心地感谢作者和他的家人，以及不断给予作者力量的人，让作者推出这样一部融入了自己哲学思考的用心之作，殷切地期待作者的下一部新作。在当今争做“大国工匠”的时代背景下，我们尤其需要这样的好书！

潘多拉魔盒智能信息科技创始人，莱佛士商学院副院长 胡海（Richard）

老朋友赵波写的这本《App 架构师实践指南》，给人耳目一新的感觉。这既是他长期工作实践中总结出来的实打实的“技术宝典”，同时又高屋建瓴地囊括了一名顶尖架构师成长过程中所需的智慧、勇气与才干。书如其人，风趣幽默，读了就停不下来了。

南京师范大学副教授，中国科学院博士 朱瑞林

在我眼中，架构师是一个给技术团队定方向、带方向的“一号位”，它本身对于技术落地要有优秀的理论及实践积累，且对技术反哺业务要有敏锐的嗅觉。在移动 App 开发中，对架构师角色而言，哪些能力属于必须具备的呢？

（1）良好的架构建设能力，优秀的开发语言运用能力，同时对第三方构建工具及优秀开源软件原理有深刻的认知。

（2）具备框架顶层与模块局部设计的前瞻能力，注重初始设计与重构，平衡抽象与实例。

（3）必须具备 App 开发的性能评估、质量检验、问题分析、性能优化、安全、冷热修复等方面丰富的知识体系。

（4）在项目管理及产品思维方面有较深入的思考，在如何快速迭代开发、项目全链条有序推进及技术如何赋能产品业务等方面均有可落地的策略支撑。

本书恰从上述几方面并结合作者自身的经历详细阐述了有关内容。以架构师的视角，从移动开发的技术细分领域讲到了关键的技术细节，涵盖了 App 开发的框架核心及关键内容，相信对移动开发的技术体系结构及原理感兴趣的读者将从本书中获得非常大的帮助。本书将

是研究学习 App 架构技术体系的基础，也是一本不可多得的指导用书。

阿里资深工程师 程澜（玄左）

本书非常全面地介绍了移动应用开发所需的知识点，内容丰富，实用性非常强，在应用开发的架构设计和性能优化方面做了很好的介绍与分析，是移动应用开发者的必备书籍。

腾讯高级工程师 杨志勇

本书作者讲述了一个程序员转变为一个移动应用架构师需要了解的技能 and 思想，明确地给程序员指引了移动架构师成长的路线，对于想成为一名移动应用架构师的程序员有着指明灯的作用。

作者从移动应用架构师的认识、需要掌握的基础、架构选型及设计、质量把控、性能优化等多方面讲述了设计一个应用需要了解的全方位的知识，为想要成为移动应用架构师的程序员指引了方向，可以使想要成为一个移动架构师的人员快速、准确地制订自己的目标及学习计划。作者也从项目运营、团队管理上给了一些相对轻量、敏捷的解决方案。

很多程序员都是在处理和解决问题的过程中一步步走过来的，本书从思想上讲述的移动应用架构师在项目各个环节需要考虑的问题及一些处理建议，可以让一个程序员从思想上去整体考虑问题，为团队做好合理的规划。

陕西深度网络有限公司 CTO 李鹏

如今人们使用手机等移动设备的频率已经远远超过了使用 PC，移动 App 开发也随之火热。通过这本《App 架构师实践指南》，读者不仅可以学习到移动应用开发技术，更能收获到在实战项目中会用到的各种工程化的知识。本书作者是具有 7 年经验的一线开发人员，书中涉及的知识点全面深入却不乏味，不论你是刚刚入门移动开发的初学者，还是具有丰富开发经验的架构师，阅读本书后都会受益匪浅。

国内知名前端技术专家 迷渡（justjavac）

前言

本书定位

《App 架构师实践指南》是一本 Android/iOS 双平台 App 架构技术实践图书，偏技术，重实践，讲方法，既包含 App 开发相关核心技能，又包括 App 架构师成长路线、团队管理、项目实践、产品思维等综合技能。

本书内容组织

本书内容结构如下图所示，分基础篇、核心篇、产品篇、拓展篇 4 篇。

基础篇主要包含 App 开发中的基本功能和实用技巧，包括架构师成长路线、App 基础语法、App 开发工具、App SDK 使用以及开源库的选择。

核心篇包括常用模块、架构和重构、质量和稳定性、性能优化、安全逆向和热门技术。

产品篇包括项目管理、产品思想、设计理念和推广运营，以及高效团队建设。

拓展篇讲解架构师实践中的思维和方法。

基础篇	架构师成长	基础语法
		开发工具
		SDK 使用
		开源库选择
核心篇	常用模块	架构和重构
		质量和稳定性
		性能优化
		安全逆向
		热门技术
		App 练成
产品篇	项、产、设、运“四天王”	我的高效团队
		架构师那点事
拓展篇	架构师那点事	

谁适合阅读本书

- (1) 企业一线 App 开发工程师。
- (2) 程序员、产品经理等任何有志于 App 架构师或技术管理的从业者。
- (3) 希望了解、研究技术和产品的互联网爱好者、创业者。

架构师，这本书就够了吗

结论先行，远远不够！“我唯一知道的事，就是我一无所知”，技无止境，笔者只希望力所能及地将个人实践积累的，或知识，或经验，或经历，或总结，分享给读者，希望借个人微薄之力能够为国内 App 相关研究和开发者提供一份借鉴和参考。菩提本无树，明镜亦非台，本来无一物，何处惹尘埃。

本书阅读建议

本书各章节之间知识体系上没有必然的联系，读者可以挑选自己感兴趣的章节进行阅读。当然，本书结构上是系统的和完整的，如果时间允许，建议读者还是按章节完整阅读。

作者简介

赵波，前阿里资深工程师/图像算法工程师，擅长移动应用和图像算法开发，在计算机视觉、无线互联以及软件测试生态链工具等多领域有深入研究和较深刻理解。曾在多家创业公司担任技术顾问和技术总监职位，某知名企业培训机构企业内训高级讲师，某在线教育平台 Android 讲师，在国家核心期刊发表论文 3 篇，拥有国家发明专利 22 件，国内第一本 NFC 图书《Android NFC 开发实战》作者，拥有近 7 年一线技术开发管理经验，懂产品和技术管理。有自己的团队，欢迎沟通和加入，联系邮箱为 skyseraph00@163.com。

致谢

在本书完稿之际，回顾十多个月的时光，似水年华，为自己可以坚持，有机会能静心书写，不受外界干扰诱惑，不为环境变化而放弃或终止，感到欣慰和自豪。欣慰之余，感念父母之恩，夫妻之情，亲人、同事、同学以及所有相逢相知朋友们的支持和鼓励；感怀小书桌陪伴我的那些日日夜夜；感恩这次让我重新找回了早起的习惯；感恩我曾经拥有的和即将拥有的一切！

特别感谢我的妻子，感谢你的支持和理解，撰写过程中伴随着我们宝宝的诞生，作为一位父亲，我付出和陪伴你们母女时光太少了，谢谢你为这个家庭的付出和承担！

感谢我家涵涵宝宝，你的出生给了为父更大鼓舞和动力，希望你能喜欢父亲送给你的这份礼物。

感恩我所经历的，挥洒过汗水和青春的学校、公司、部门乃至项目中的人和物，这些都是我生命中不能抹掉的根，是回忆也是成长，是记忆也是感恩。

感谢人民邮电出版社张涛老师为本书的付出；感谢所有耐心阅读样章，为本书提出建议以及撰写推荐序或书评的老师、同学、同事以及朋友们，感谢你们！

路漫漫其修远兮，吾将上下而求索。我愿在未来的学习、工作中，以辉煌的成就来答谢关心我、帮助我、理解我、支持过我的所有朋友！

这一切我将永铭于心，谢谢！

读者答疑及代码下载：

skyseraph00@163.com

<https://github.com/SkySeraph-XKknife/XKknife-Android>

本书编辑和投稿联系邮箱 zhangtao@ptpress.com.cn。

赵波

目录

第一篇 基础篇

第1章 App 架构师成长路线.....2

- 1.1 架构师定义.....2
- 1.2 程序员发展路线.....3
- 1.3 App 架构师技能矩阵.....5
 - 1.3.1 App 架构师画布.....5
 - 1.3.2 技能图谱.....5
- 1.4 本章小结.....6
- 1.5 推荐资料.....7

第2章 App 基础语法系列.....8

- 2.1 编程语言.....8
 - 2.1.1 那些年, 那些语言.....9
 - 2.1.2 聊聊 Swift.....10
 - 2.1.3 Swift 3 和 Java 8 新特性.....13
- 2.2 面向对象思想.....14
 - 2.2.1 编程范式.....14
 - 2.2.2 封装、继承与多态.....15
 - 2.2.3 内部类的使用和思考.....17
- 2.3 线程与进程.....19
- 2.4 反射、注解与泛型.....21
 - 2.4.1 反射与注解.....21
 - 2.4.2 泛型.....23
- 2.5 本章小结.....24
- 2.6 推荐资料.....25

第3章 App 开发工具系列.....26

- 3.1 IDE.....26
 - 3.1.1 Android Studio.....27
 - 3.1.2 Xcode.....29
- 3.2 编译调试.....29
- 3.3 版本管理.....31
 - 3.3.1 代码管理.....31
 - 3.3.2 Git 分支管理.....32
- 3.4 产品设计.....34
- 3.5 程序员珍藏.....35
 - 3.5.1 抓包工具.....36
 - 3.5.2 ADB.....36
 - 3.5.3 Chrome 开发插件.....37
- 3.6 本章小结.....38
- 3.7 推荐资料.....38

第4章 App SDK 使用系列.....39

- 4.1 从 Lifecycle 说起.....39
- 4.2 大话 UI.....41
 - 4.2.1 关于布局.....41
 - 4.2.2 常用控件.....41
 - 4.2.3 自定义 View.....42
- 4.3 存储和网络.....43
- 4.4 本章小结.....43
- 4.5 推荐资料.....44

第5章 开源库的选择和使用.....45

- 5.1 关于开源.....46
- 5.2 开源库的选择.....46
 - 5.2.1 开源项目选择.....46

- 5.2.2 关于 License.....47
- 5.3 开源库的使用.....48
- 5.4 本章小结.....49
- 5.5 推荐资料.....49

第二篇 核 心 篇**第6章 App 常用模块设计**.....52

- 6.1 基础组件库.....52
 - 6.1.1 构建你的基础组件库.....53
 - 6.1.2 不得不说的图片库.....54
 - 6.1.3 浅谈网络库和加密.....61
- 6.2 常用业务模块.....65
 - 6.2.1 启动引导模块.....65
 - 6.2.2 注册登录模块.....66
 - 6.2.3 运营统计模块.....67
- 6.3 编译打包.....68
 - 6.3.1 打包方式和流程.....68
 - 6.3.2 Gradle 实用技巧.....71
- 6.4 版本适配.....75
 - 6.4.1 iOS App 适配.....76
 - 6.4.2 Android App 适配.....77
- 6.5 本章小结.....78

第7章 App 架构和重构.....79

- 7.1 从组件和模块说起.....80
- 7.2 组件化、模块化和插件化.....80
 - 7.2.1 3个概念.....80
 - 7.2.2 App 插件化.....82
 - 7.2.3 App 组件化.....83
- 7.3 UML 基本功.....86
 - 7.3.1 UML 工具.....86
 - 7.3.2 常见UML图.....87
 - 7.3.3 UML 实例.....88

- 7.4 大话设计模式.....88
 - 7.4.1 六大原则.....89
 - 7.4.2 设计模式总览.....89
 - 7.4.3 设计模式实践.....90
- 7.5 接口设计.....91
 - 7.5.1 API,What and Why.....92
 - 7.5.2 How API.....92
- 7.6 常见架构模式.....95
 - 7.6.1 MVX 模式.....95
 - 7.6.2 常见软件架构.....97
 - 7.6.3 从组件化角度看 App 架构.....100

- 7.7 重构未眠夜.....102
 - 7.7.1 重构概览.....102
 - 7.7.2 架构重构.....103
 - 7.7.3 代码重构.....104
- 7.8 架构设计够了么.....106
- 7.9 本章小结.....106
- 7.10 推荐资料.....106

第8章 App 质量和稳定性系列.....108

- 8.1 质量标准和稳定性指标.....109
 - 8.1.1 应用的核心质量.....109
 - 8.1.2 稳定性衡量指标.....109
- 8.2 质量和稳定性手段.....112
 - 8.2.1 质量监控.....112
 - 8.2.2 问题处理原则.....115
 - 8.2.3 App 持续集成.....115
 - 8.2.4 代码质量监测.....125

8.3 笑谈 Crash	138
8.3.1 Crash 基础和原理	138
8.3.2 Crash 收集和统计	142
8.3.3 Crash 分析	150
8.4 测试专场	160
8.4.1 测试综述	161
8.4.2 兼容性测试	165
8.4.3 性能和安全性测试	174
8.4.4 自动化测试	174
8.4.5 A/B Testing	180
8.4.6 代码覆盖率	182
8.4.7 线上演练	183
8.5 本章小结	183
8.6 推荐资料	183

第9章 App 性能优化系列

9.1 性能分析	186
9.1.1 性能维度	186
9.1.2 性能优化	186
9.1.3 性能测试平台	187
9.2 硬件性能优化	187
9.2.1 电量信息获取	188
9.2.2 耗电分析	190
9.2.3 电量优化	191
9.3 UI 和 CPU 性能优化	194
9.3.1 基础原理	194
9.3.2 流畅度度量	196
9.3.3 卡顿分析和优化	201
9.4 内存性能优化	206
9.4.1 内存机制和原理	206
9.4.2 内存分析工具	210
9.4.3 泄露和溢出	210
9.4.4 内存性能优化	212
9.5 网络性能优化	215
9.5.1 网络性能概述	216
9.5.2 网络性能测试和流量度量	218

9.5.3 网络性能优化	220
9.6 App 包 Size 优化	223
9.6.1 App 包 Size 优化概述	223
9.6.2 App 包 Size 分析	224
9.6.3 App 包 Size 优化	227
9.7 App 启动速度优化	230
9.7.1 App 启动方式和流程	230
9.7.2 App 启动时间度量	232
9.7.3 App 启动速度优化	234
9.8 App 代码优化	235
9.9 本章小结	240
9.10 推荐资料	240

第10章 App 安全逆向系列

10.1 逆向概述	242
10.1.1 App 包组成	243
10.1.2 逆向工具	245
10.1.3 Root 和越狱	247
10.1.4 二次打包	247
10.2 逆向分析	248
10.2.1 静态分析	248
10.2.2 动态分析	249
10.2.3 Hook 和注入	249
10.3 安全测试	251
10.4 安全建议	252
10.4.1 混淆和签名	253
10.4.2 加固加壳	262
10.4.3 安全编码和隐私	263
10.5 本章小结	265
10.6 推荐资料	265

第11章 App 热门技术

11.1 进程保活	267
11.1.1 基础知识	268
11.1.2 保活方法	271
11.2 MultiDex	271

11.3	RxJava	273	11.6	AOP	283
11.3.1	RxJava 基础	273	11.6.1	OOB 与 AOP	283
11.3.2	RxJava 应用实例	276	11.6.2	AOP 应用实例	283
11.4	Hybrid	281	11.7	本章小结	286
11.5	HotFix	282	11.8	推荐资料	286

第三篇 产 品 篇

第 12 章 App 是如何练成的 290

12.1	App 练成	290
12.2	开发流程	291
12.3	也谈版本号	292
12.4	本章小结	293

第 13 章 项、产、设、运“四天王” 294

13.1	项目管理	294
13.1.1	敏捷 Scrum	295
13.1.2	班车模式	298
13.2	产品思想	298
13.2.1	产品经理	299
13.2.2	产品思维	299
13.3	设计理念	302
13.3.1	UI 与 UX	302
13.3.2	设计理念	304
13.4	推广运营	306

13.4.1	运营指标	306
13.4.2	大话推广	309
13.4.3	运营之道	310
13.5	本章小结	310
13.6	推荐资料	310

第 14 章 我的高效团队 312

14.1	从编码规范开始	312
14.2	不得不说的 Code Review	313
14.3	晨会，高效一天的开始	315
14.4	沟通和团建	315
14.5	别忘了技术分享	316
14.6	面试，面试，再面试	317
14.7	自管理，扁平化	318
14.8	最后，聊聊加班	319
14.9	本章小结	319
14.10	推荐资料	319

第四篇 拓 展 篇

第 15 章 架构师那点事 322

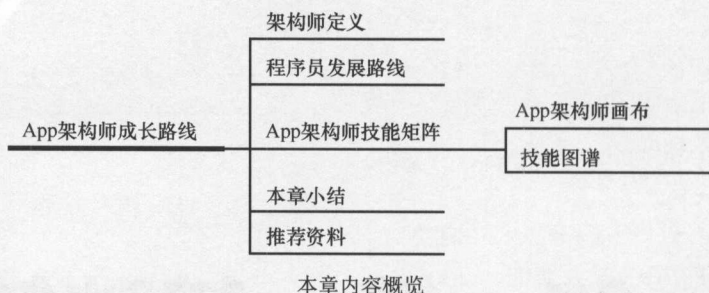
15.1	大话全栈工程师	322
15.2	架构师思维	323

15.3	学而时习之	324
15.4	软技能	325
15.5	本章小结	326
15.6	推荐资料	326

第一篇 基础篇

第1章

App 架构师成长路线



架构师，软件技术领域一个高大上的名词，业界有言“人人都是产品经理”，却很少听到“人人都是架构师”。其本身涉及的复杂庞大的跨领域知识体系除外，对于架构一词，其实很难去完整地定义，我们也没必要过于纠结，就如我们为什么要登山，因为山在那里，执着前行，或许还未曾知晓路在何方，抑或你都不曾思考要去何方，但至少你已经在路上，`while(!(succeed=try()))`。成长为架构师是一个过程，而不是一个结束，现在，就让我们开启移动应用架构师之路吧。

1.1 架构师定义

架构师是为满足某种架构设计的目标而从整体上构思把控的角色，在软件行业，又会细分很多，如系统架构师、企业架构师、应用架构师、业务架构师等，本书是针对 App 应用架构师进行阐述的。构建一个完美的架构，一般需要具备下述特征^[1]。

- 具备客户要求的功能。
- 能够在要求的工期内安全地构建。
- 性能足够好。
- 可靠。
- 可用，且使用时不会造成伤害。

- 安全。
- 成本可接受。
- 符合法规标准。
- 将超越前任及其竞争者。

总结一下，架构的核心就是功能、安全、性能和稳定。其实，在具体架构实践中，我们很难完整系统地全部完成上述特征，架构是一种折中，“架构师玩的是折中的游戏，对于一组给定的功能需求和品质需求，没有唯一的正确架构和唯一的正确答案^[1]”。作为架构师的我们，需要考虑的是如何做得更好，如何避免负面影响。

App 架构师的核心职责包括选型规划、架构设计、技术攻关、沟通协调、疑难攻略等，这些对架构师来说应该都是通用的。对美的追求，我认为是架构师最崇高的目标。

1.2 程序员发展路线

其实地上本没有路，走的人多了，也便成了路。——鲁迅

踏上架构师之路前，本节我们先来聊聊程序员的发展路线。先看看国内的大公司的程序员发展路线，笔者整理了大致的职级体系对比图，仅供参考，如图 1-1 所示。



图 1-1 职级体系

结合自身发展，我觉得程序员的发展路线应该主要有两条——专家线和管理线，管理线上，不同公司策略不同，大多都是从中间的某个级别道路分叉为管理，如图 1-2 所示。不同级别对应的角色和承担的责任自然不一样，例如资深工程师，需要在技术的深度和广度两维度上都有所积累和沉淀，而架构师除了技术本身外，技术之外的其他领域知识也是

必须沉淀的。当然，从长远一点说，若需要结合具体的事业路线，这两条路在东西南北 4 个方向的事业路可以分散，分散到四象限矩阵，分别对应了职员、创业、SOHO 和投资，如图 1-3 所示。

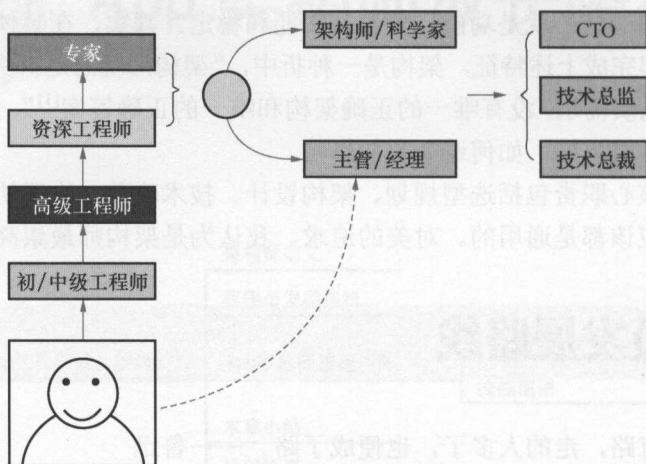
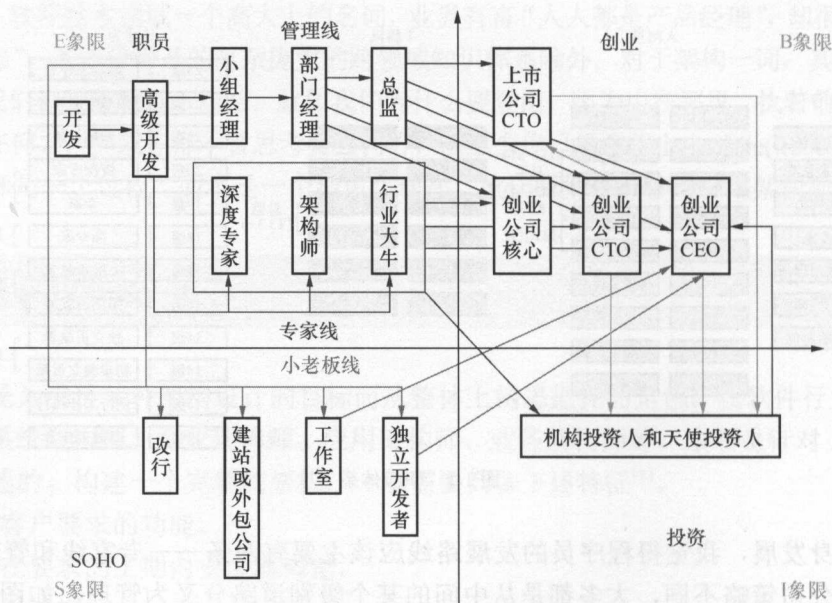


图 1-2 程序员职业路线

图 1-3 程序员事业路线^[6]

1.3 App 架构师技能矩阵

前面阐述了程序员发展路线，本节我们来聊聊作为架构师的你或者正在架构师路上的你，需要怎样的技能矩阵。

1.3.1 App 架构师画布

在阐述技能图谱之前，我们先借鉴《精益创业实战》^[3]一书中的精益画布商业模式，来创造一幅我们的 App 架构师画布，如图 1-4 所示。认识自己，这是开始做任何事情的基础。职业定位和事业定位，参考图 1-2 和图 1-3 所示，自己是不是真的打算踏入架构师这条路？目标和定位清晰后，该如何开始呢？毋庸置疑，就先从本书开始吧，图 1-5 为 App 架构师应该具备的基本技能，那么，开启你的疯狂成长之路吧。成长之路离不开学习，学习又必须有一定的方法，如何正确地学习，请参考本书“架构师那点事”章节内容。光学不练也不行，你需要一个平台或者一个项目去演练，去实践，走过的路才是你自己的路，让我们培养架构师思维，朝着架构师前行。最后，说到得与失？任何事情都存在一定的机会成本，要提前考虑清楚。

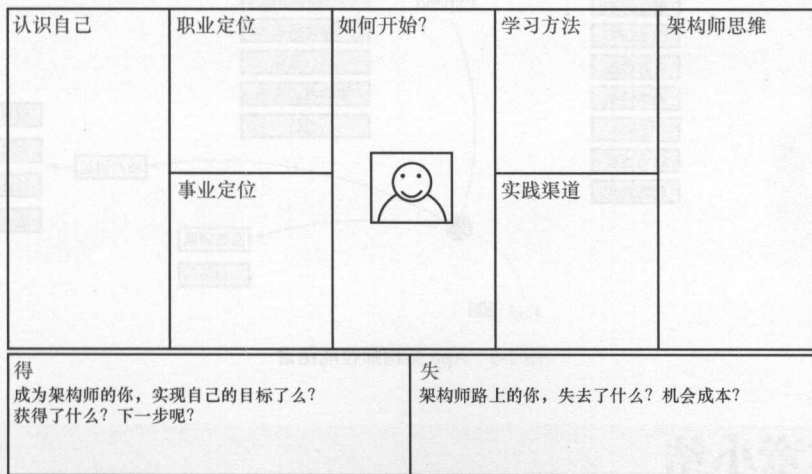


图 1-4 App 架构师画布

1.3.2 技能图谱

将技能图谱/技能矩阵用于自己的学习和成长，这是笔者尝试过的非常不错的一种方式，推荐给读者，值得大家体验。针对 App 架构师的技能图谱，笔者进行了完整梳理，如图 1-5

所示,本书后面内容基本会覆盖其中大部分知识点。诚然,任何单方面的思考和决策都是不全的、片面的,仅供参考,同时推荐大家参阅 *Programmer Competency Matrix*^[4]和七牛云的漫画电子书《架构师技能矩阵》^[5]。

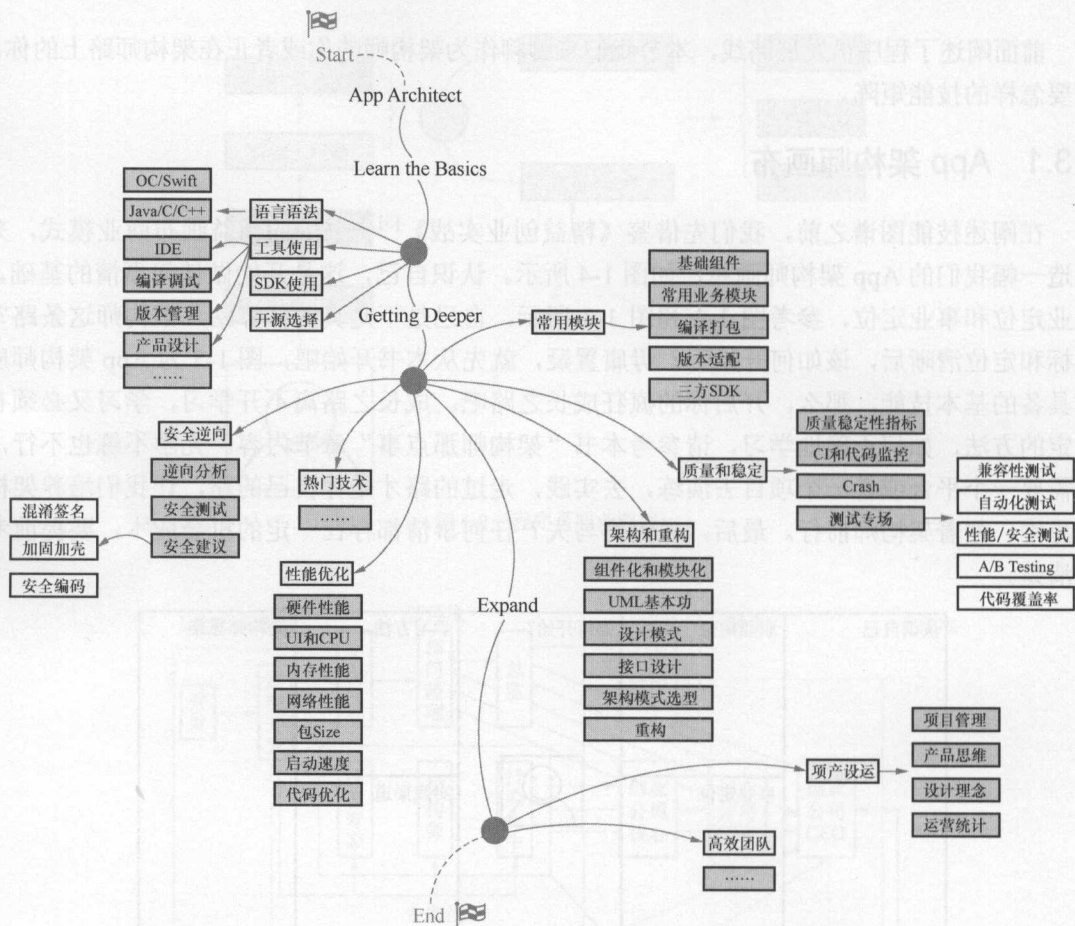


图 1-5 App 架构师技能图谱

1.4 本章小结

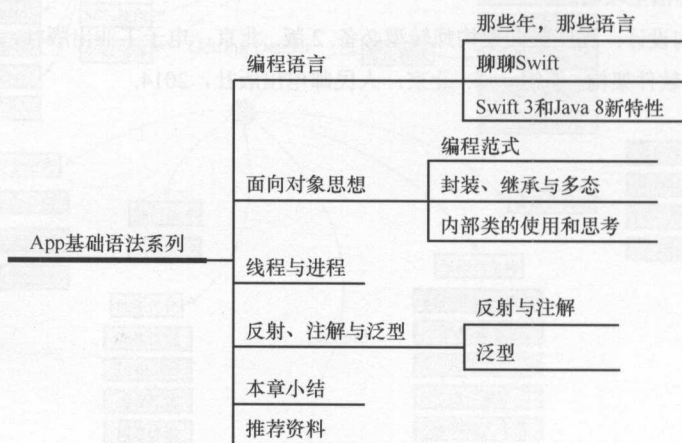
本章为本书开章,重点为大家介绍了程序员发展路线和 App 架构师技能矩阵,结合技能图谱,相信读者已经迫不及待想要开启下一章节的学习了,接下来第 2 章将为大家介绍 App 基础语法系列。

1.5 推荐资料

- [1] Diomidis Spinellis 等. 架构之美. 王海鹏等, 译. 北京: 机械工业出版社, 2010.
- [2] 小弗雷德里克·布鲁克斯. 人月神话. 汪颖, 译. 北京: 清华大学出版社, 2015.
- [3] Ash Maurya. 精益创业实战. 张玳, 译. 2 版. 北京: 人民邮电出版社, 2013.
- [4] Programmer Competency Matrix.
- [5] 七牛云, 西乔, 霍炬. 架构师技能矩阵.
- [6] Easy. 程序员跳槽全攻略.
- [7] 温昱. 软件架构设计: 程序员向架构师转型必备. 2 版. 北京: 电子工业出版社, 2012.
- [8] Simon Brown. 软件架构. 邓钢, 译. 北京: 人民邮电出版社, 2014.

第2章

App 基础语法系列



本章内容概览

如果你只会一门编程语言，无论多么精通，仍然显得不够优秀。

可以说，编程语言是我们踏入IT生涯的第一步。象牙塔里，多少学习曾经秉持“少而精”“专而深”的思想，幻想着一门语言打天下，但是，社会改变了现实，现实又照进了梦想，一门语言是远远不够的，在十多年的编程生涯中，笔者就接触和使用了十来种语言。“我是自由的，那是我迷失的原因”（卡夫卡），若不能抓住事物的本质，那这些年得消耗多少时间在学习语言上呢？是的，语言是内功，需要潜心修养，这是针对第一次亲密接触，在各种语言切换中的你，更要学会透过现象看本质。本章与大家一起探讨App开发中相关语言语法基础——抓核心，看本质，重思想。

2.1 编程语言

本节为大家聊聊笔者的语言生涯，以及Swift和Java的一些新特性。

2.1.1 那些年，那些语言

笔者的编程“母语”是C，而今主打Java/C/Swift/Python。梳理了一下，这些年笔者接触和使用过的编程语言应该有十多种吧，C/C++/Java/Assemble/Verilog/VHDL/Matlab/VB/Shell/Python/Lua/OC/Swift/C#……回忆这条辛酸路之前，大家先看一下当前最新语言榜——TIOBE语言榜前20榜（另外还有一个主流榜单是Redmonk），如图2-1所示，然后再看看图2-2，那些年，笔者使用的那些语言。

Apr 2017	Apr 2016	Change	Programming Language	Ratings	Change
1	1		Java	15.568%	-5.28%
2	2		C	6.966%	-6.94%
3	3		C++	4.554%	-1.36%
4	4		C#	3.579%	-0.22%
5	5		Python	3.457%	+0.13%
6	6		PHP	3.376%	+0.38%
7	10		Visual Basic .NET	3.251%	+0.98%
8	7	▽	Java Script	2.851%	+0.28%
9	11		Delphi/Object Pascal	2.816%	+0.60%
10	8	▽	Perl	2.413%	-0.11%
11	9	▽	Ruby	2.310%	-0.04%
12	15	△	Swift	2.287%	+0.81%
13	12	▽	Assembly language	2.168%	-0.03%
14	13	▽	Objective-C	2.163%	+0.45%
15	18		R	2.138%	+0.87%
16	14	▽	Visual Basic	2.058%	+0.45%
17	16	▽	MATLAB	2.045%	+0.70%
18	44	△△	Go	1.974%	+1.73%
19	24		Scratch	1.668%	+0.86%
20	17	▽	PL/SQL	1.619%	+0.30%

图 2-1 最新编程语言榜(TIOBE, 2017.4)

- 那要从大学说起了，我在大学一年级开始学习C语言，谭浩强老师编写的，开启了我的编程生涯（似乎有点晚，许多高人都是初中或高中就开始了，我也曾在大学为一名初中学生家教C语言编程，对于自己，只能说“大器晚成”了）。记得当年C语言

和高等数学同时拿了满分，然后4年时间里，基于C语言写了各种SCM/ARM程序，期间也捣鼓过Assembly/Verilog/VHDL。

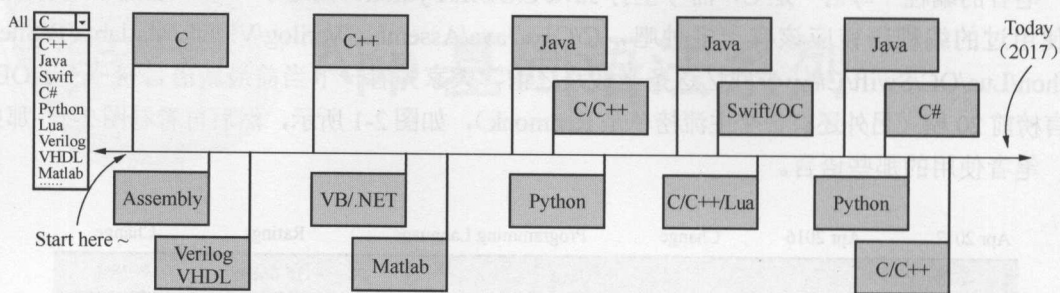


图 2-2 那些年，那些语言

- 研究生阶段主攻C++，看了多本C++书籍，语法奥妙让人痴迷，一直以坚信“C++是世界最难的语言”为自豪，现在想想似乎有点滑稽。基于C++写了很多图像算法和Windows PC平台软件（VC 6.0/Visual Studio 2005，包括一套织物瑕疵检测系统，一套类似PS的彩色图像分析平台等），期间由于课程作业的缘故，也捣鼓过VB（Visual Basic，准确说只是一种工具吧）和Matlab这种“似是而非”的学术语言。
- 毕业前，两份工作都是图像算法的开发，基于C/C++，也偶尔用Matlab验证一下算法流程。
- 毕业了，第一份工作是Java开发，做了好多年，十多个APK，期间还基于C/C++在Linux平台捣鼓了一年的Linux App。
- 第二份工作，在阿里巴巴，先是基于C/C++开发了一套图像算法，然后是继续做Android开发，后面又由于项目原因，学习了OC和Swift，期间还接触了各种脚本语言，如Python、Lua等。
- 再后来，似乎是到了现在，由于项目原因又接触了Unity 3D游戏，基于C#写Unity插件，基于Java写前后台。
- 现在Kotlin逐渐兴起，可以说是Android平台的Swift。
- ……路漫漫其修远兮，吾将上下而求索。

其实无论语言、工具、OS，还是硬件，都是相对的，大部分场景下，语言本身是无辜的，我们没有必要强行为其贴上各种标签，如性能、效率等。

2.1.2 聊聊 Swift

Swift是Apple 2014年推出的编程语言，比Scala等“新”语言还要年轻10岁，2015

年秋开源，已支持 Android NDK，据说即将支持 Android。这里不多介绍 Swift 语言特性，仅给两个作为参考，如图 2-3 所示为 Java 和 Swift 性能对比结果（部分），图 2-4 所示为笔者整理的 Java 和 Swift 核心语法对比。下面简单阐述 Swift 中的一个 Optional 特性，更多 Swift 语法技巧建议参阅国内 Swift 前辈王巍的《Swifter: 100 个 Swift 开发必备 Tip》一书^[1]。

binary-trees						
source	secs	mem	gz	cpu	cpu load	
Swift	4.85	193, 524	997	13.61	60% 61%	69% 91%
Java	11.33	592, 668	835	39.39	84% 92%	83% 91%
mandelbrot						
source	secs	mem	gz	cpu	cpu load	
Swift	3.15	40, 480	1136	12.50	100% 99%	99% 100%
Java	5.89	89, 504	796	23.08	98% 98%	98% 99%
pidigits						
source	secs	mem	gz	cpu	cpu load	
Swift	1.75	7, 416	601	1.75	0% 2%	100% 1%
Java	3.06	31, 088	938	3.16	0% 3%	9% 92%

图 2-3 Swift 和 Java 性能对比结果（部分）^[1]

◇ Optional

Swift 中引入了 Optional，可以理解成一种新的类型，很好地解决了 OC 时代的“nil or not nil”问题，Java 8 中也引入了 Optional（Java 8 之前可以通过 Guava 包引入）。Optional 的核心思想是采用契约式编程思想（如断言），将问题显性地呈现出来，但 NullPointerException 谁来负责？只能将 nil/null 模糊语意明确化。

我们可以通过直接查看其源码，了解 Swift Optional 的定义（swift/stdlib/public/core/Optional.swift），其本质是一个枚举，包含 none 和 some(Wrapped) 两个 case，分别代表可选类型“有值”和“无值”两种情况，如下面代码所示。

```
public enum Optional<Wrapped> : ExpressibleByNilLiteral {
    case none
    case some(Wrapped)
    public init(_ some: Wrapped)
    public func map(_ transform: (Wrapped) throws -> U) rethrows -> U ?
    public func flatMap(_ transform: (Wrapped) throws -> U ?) rethrows -> U ?
    public init(nilLiteral: ())
    public var unsafelyUnwrapped: Wrapped {
        get
    }
}
```

Java	Swift
<ul style="list-style-type: none"> ✓ 基础语法 <ul style="list-style-type: none"> 常量: static final 变量: N/A 基本类型1: int short long byte 基本类型2: double float boolean char 字典: TreeMap<键类型 Optional: Java 8才有java.util.Optional, 以前用Guava库 ✓ 字符串和数组 <ul style="list-style-type: none"> 嵌入值: N/A 可变字符串: StringBuilder 定常数组: 类型[]变量名={元素1, 元素2} 变长数组(列表): ArrayList<类型> & var 变量名=类型名 ✓ 属性 <ul style="list-style-type: none"> 存储属性: N/A 计算属性: N/A ✓ 实例和对象 <ul style="list-style-type: none"> 创建对象: new 自身实例: this ✓ 函数 <ul style="list-style-type: none"> 函数定义: 返回类型 方法名 (参数类型1 形参1, 参数类型2 形参2) {} 函数调用: 方法名 (实参1, 实参2) 可变参数: 返回类型 方法名 (参数类型...形参) {} 传出参数: N/A 函数类型: N/A 闭包: (参数类型形参) -> 表达式 ✓ 结构, 枚举和类 <ul style="list-style-type: none"> 结构: N/A 枚举: enum类型名{case枚举值1 (值1) } 类: class类名{成员} 抽象类: abstract ✓ 继承和接口 <ul style="list-style-type: none"> 继承: extends 接口: interface 扩展: N/A ✓ MultiThread ... ✓ 循环控制 <ul style="list-style-type: none"> 遍历: for (类型 变量: 集合) switch: ... ✓ 其他 <ul style="list-style-type: none"> 访问级别: public/protected/private 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 基础语法 <ul style="list-style-type: none"> 常量: let 常量名: 类型=初值 变量: var 变量 基本类型1: Int32 Int16 Int64 Int8 基本类型2: Double Float Bool Character 字典: Dictionary<键类型 Optional: OK ✓ 字符串和数组 <ul style="list-style-type: none"> 嵌入值: "\ (表达式)" 可变字符串: var变量名: String 定常数组: let 变量名: 类型名[]={元素1, 元素2} 变长数组(列表): var 变量名=类型名[] ✓ 属性 <ul style="list-style-type: none"> 存储属性: var属性名: 类型=初始值 计算属性: var属性名: 类型{get{}set{}} ✓ 实例和对象 <ul style="list-style-type: none"> 创建对象: 类或结构名 (外参名: 实参) 自身实例: self ✓ 函数 <ul style="list-style-type: none"> 函数定义: func函数名 (形参1: 参数类型1, 外参名 形参2: 参数类型2=默认值) -> 返回类型{} 函数调用: 函数名 (实参1, 外参名: 实参2) 可变参数: func 函数名 (形参: 参数类型...) -> 返回类型{} 传出参数: func 函数名 (inout 形参: 参数类型) -> 返回类型{} 函数类型: (参数类型1, 参数类型2) -> 返回类型 闭包: { (形参: 参数类型) -> 返回类型 in 表达式 ✓ 结构, 枚举和类 <ul style="list-style-type: none"> 结构: struct结构名{成员} 枚举: enum类型名{case枚举值1=值1} 类: class类名{成员} 抽象类: N/A ✓ 继承和接口 <ul style="list-style-type: none"> 继承: ... 接口: protocol 扩展: extension ✓ MultiThread ... ✓ 流程控制 <ul style="list-style-type: none"> 遍历: for (变量 in 集合) switch: no need break; 多条件case可合并; 可范围匹配.. Guard: guard xx else{return} ✓ 其他 <ul style="list-style-type: none"> 访问级别: public/internal/private/fileprivate

图 2-4 Swift 和 Java 核心语法对比

下面我们来简单对比 Java/Guava 和 Swift 中的 Optional 的使用, 最终会发现 Java 和 Guava 非常相似, Swift 作为全新语言的优势, 在语法表达和简洁清爽层面要优于 Java 和 Guava。

• 初始化

```
Optional<XX> xx = Optional.empty(); // java8
Optional<XX> xx = Optional.absent(); // guava
var xx: XX?; // guava
```

• 创建对象

```
// java8
Optional<Integer> xx = Optional.of(12);
Optional<Integer> xx = Optional.ofNullable(null);
// guava
```

```
Optional<Integer> xx = Optional.of(12);
Optional<Integer> xx = Optional.fromNullable(null);
// swift
var xx: Int? = 12
var xx: Int?;
```

- 是否存在

```
// java
if (xx.isPresent()) {}
// guava
if (xx.isPresent()) {}
// swift
if let xx = xx {}
```

- 默认值

```
// java
xx.orElse(25)
// guava
xx.or(25)
// swift
xx??25 // 喜欢这种简洁美
```

2.1.3 Swift 3 和 Java 8 新特性

Java 8 早在 2014 年就发布了，相比以前版本，Java 8 有很多重要改进，如新增 Lambda 表达式（闭包）等，Android 中目前还只支持部分 Java 8 特性，仅在 Android Studio 2.1+ 以上可用（需要一个名为 Jack 的新编译，Instant Run 目前还不能用于 Jack，在使用新的工具链时将被停用^[2]）。目前支持 Java 8 的功能有图 2-5 中点项目符号标注的几点，如 Lambda 表达式、方法引用等，相关 API 包括 `java.lang.FunctionalInterface`、`java.lang.annotation.Repeatable`、`java.lang.reflect.Method.isDefault()`，在 gradle 中启用时需配置如下代码。

```
android {
    ...
    defaultConfig {
        ...
        jackOptions {
            enabled true
        }
    }
    compileOptions {
        sourceCompatibility JavaVersion.VERSION_1_8
        targetCompatibility JavaVersion.VERSION_1_8
    }
}
```

Swift 3 在 2016 年下半年发布，Swift 4 也已经在 2017 年秋季发布。如图 2-5 所示，笔者详细规整了 Java 8 和 Swift 3 的新特性^[3]以飨读者。

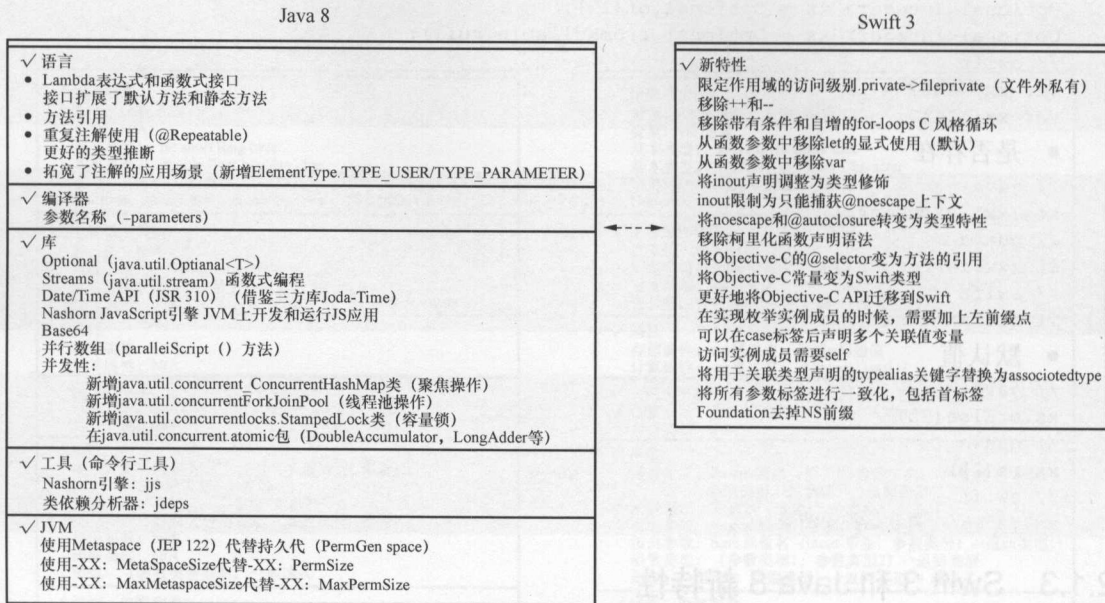


图 2-5 Swift 3 和 Java 8 新特性

2.2 面向对象思想

2.2.1 编程范式

前面介绍了 App 编程语言, 下面为大家介绍编程范式。编程范式是编程语言的一种分类, 并不针对哪种具体编程语言, 就编程语言而言, 一种编程语言也可以适用多种编程范式。

编程范型或编程范式 (Programming Paradigm), 是指从事软件工程的一类典型的编程风格 (可以对照方法学), 例如, 函数式编程、面向对象编程等为不同的编程范式 (维基百科)。

常见的编程范式有过程化 (命令化) 编程、事件驱动编程、面向对象编程以及函数编程等。

- 过程化 (命令式) 编程。如将机器/汇编语言、BASIC、C、FORTRAN 等支持过程化的编程范式的编程语言归纳为过程化编程语言, 特别适合解决线性 (或者说按部就班) 的算法问题, 属于典型的程序流程思想。
- 事件驱动编程。结合图形用户界面 (GUI) 编程应用, 相关编程语言有 VB、C#、Java (Java Swing 的 GUI) 等。
- 面向对象编程 (OOP)。面向对象编程常常被誉为是一种革命性的思想, 包括 3 个基

本概念——封装性、继承性、多态性，通过类、方法、对象和消息传递，来支持面向对象的程序设计范式，Java 和 C++ 都是面向对象的编程语言。

- 函数编程。函数编程是一种结构化编程，其核心思想是把运算过程尽量写成一系列嵌套的函数调用，在代码简洁度、代码管理、并发编程上更加便捷，这是继 OO 之后越来越火热的一种编程范式。
- 面向切向编程（AOP）。AOP 可以认为是函数式编程的一种衍生范型，利用 AOP 可以对业务逻辑的各个部分进行隔离，使得业务逻辑各部分之间耦合度降低，提高程序的可重用性，从而提高开发效率。我们在本书“App 热门技术”章节中会有具体实例讲解。

若大家对编程范式感兴趣，建议参阅 1998 年 waterbird 在水木清华发表的《OO,OO 以后，及其极限》^[4]一文，该文从哲学的角度阐述和眺望了 OO（面向对象）的思想及其极限发展。

2.2.2 封装、继承与多态

OO（面向对象）思想中有三大支柱，分别为封装、继承、多态。

封装是 OO 概念中最基础的，其本质可以理解成将一堆函数和一堆对象放在一起，对外暴露接口，隐藏具体执行细节。

继承是 OO 中的一个重要概念，如果处理的不好，就容易导致高耦合，使用时应注意以下两点。

- 父类和子类职责明确，各司其事，互不干扰。
- 父类的所有变化都要体现到子类；父类为子类提供服务，但不应该涉及子类具体业务。

多态一般需要结合继承一起使用，本质是子类通过覆盖或重载父类的方法，来使得对同一类对象同一方法的调用产生不同的结果。多态使用时，需注意父类与子类的关联性，如父类的方法是否必须进行子类覆盖，父类方法被子类覆盖后是否还需要父类继续执行等，这些细节在设计时必须考虑清楚。这里举个具体例子，用多态来代替条件语句。

很多场景下，条件语句是可以用多态代替的，这也是 Google 简洁代码中的重要一条（更多内容请参考本书“App 架构和重构”章节中代码重构部分），多态相比 if 条件更容易维护和扩展。我们以 Appuim 的 Bootstrap 源码为例，其涉及不同 Handler 来实现不同的 Action（如 Click、Touch 等），CommandHandler 为虚基类，功能类都集成自该类完成 execute 操作，通过 HashMap 映射，见如下代码。

```
class AndroidCommandExecutor {  
  
    private static HashMap<String, CommandHandler> map = new HashMap<String, CommandHandler>();  
  
    static {
```

```

        map.put("waitForIdle", new WaitForIdle());
        map.put("clear", new Clear());
        map.put("orientation", new Orientation());
        map.put("swipe", new Swipe());
        map.put("flick", new Flick());
        map.put("drag", new Drag());
        map.put("pinch", new Pinch());
        map.put("click", new Click());
        ..... // 省略部分
        map.put("compressedLayoutHierarchy", new CompressedLayoutHierarchy());
        map.put("configurator", new ConfiguratorHandler());
    }

    /**
     * Gets the handler out of the map, and executes the command.
     *
     * @param command
     *         The {@link AndroidCommand}
     * @return {@link AndroidCommandResult}
     */
    public AndroidCommandResult execute(final AndroidCommand command) {
        try {
            Logger.debug("Got command action: " + command.action());

            if (map.containsKey(command.action())) {
                return map.get(command.action()).execute(command);
            } else {
                return new AndroidCommandResult(WDStatus.UNKNOWN_COMMAND,
                    "Unknown command: " + command.action());
            }
        } catch (final JSONException e) {
            Logger.error("Could not decode action/params of command");
            return new AndroidCommandResult(WDStatus.JSON_DECODER_ERROR,
                "Could not decode action/params of command, please check format!");
        }
    }
}

public abstract class CommandHandler {

    /**
     * Abstract method that handlers must implement.
     *
     * @param command A {@link AndroidCommand}
     * @return {@link AndroidCommandResult}
     * @throws JSONException
     */
    public abstract AndroidCommandResult execute(final AndroidCommand command)
        throws JSONException;

    /**
     * Returns a generic unknown error message along with your own message.
     *
     * @param msg
     * @return {@link AndroidCommandResult}
     */
    protected AndroidCommandResult getErrorResult(final String msg) {
        return new AndroidCommandResult(WDStatus.UNKNOWN_ERROR, msg);
    }
}

```



```

/**
 * Returns success along with the payload.
 *
 * @param value
 * @return {@link AndroidCommandResult}
 */
protected AndroidCommandResult getSuccessResult(final Object value) {
    return new AndroidCommandResult(WDStatus.SUCCESS, value);
}

}

public class Click extends CommandHandler {

    @Override
    public AndroidCommandResult execute(final AndroidCommand command)
        throws JSONException {
        ..... // 具体实现
    }
}

```

再强调一点，还是那句古话——物极必反，我们没有必要刻意地将所有条件都改成多态，要结合具体业务，如涉及多条件、多场景，在便于维护扩展的基础上考虑多态。

2.2.3 内部类的使用和思考

内部类可以通俗地理解成将一个类的定义放在另一个类中（类或方法里）。“使用内部类最吸引人的原因是：每个内部类都能独立地继承一个（接口的）实现，所以无论外围类是否已经继承了某个（接口的）实现，对于内部类都没有影响。”（*Think in java*）。可以说，使用内部类最大的优点就在于，它能够非常好地解决多重继承的问题。以 Java 为例，内部类主要分为成员内部类、局部内部类、匿名内部类、静态内部类/嵌套内部类。

- 成员内部类。成员内部类是最普通的内部类，它位于另一个类的内部。
- 局部内部类。指定义在一个方法或者一个作用域内的类，访问权限仅限于方法内或者该作用域内。
- 匿名内部类。匿名内部类指没有名字、没有构造方法的局部内部类。
- 静态内部类/嵌套内部类。`static` 关键字修饰的是不需要依赖于外部类的内部类。

实际使用中，需要注意以下几点。

- 成员内部类可以无条件访问外部类的所有成员属性和方法（包括 `private` 和 `static` 成员）；当与外部类拥有相同名称的方法或变量时，默认访问的是成员内部类成员或变量，若要访问外部类成员或变量，需要用 `new className.成员()/变量名` 的方法，当然如果是静态成员/变量，可以直接用 `className.成员()/变量名` 访问。
- 成员内部类依附于外部类，创建内部类对象时需先创建外部类，而静态内部类创建则不需要依赖于外部类。
- 成员内部类中不能存在任何 `static` 的变量和方法，而静态内部类不能使用任何外部类

第2章 App 基础语法系列

的非 `static` 成员变量和方法。

- 建议在外部类中通过 `getXX()` 获取成员内部类，尤其是该内部类的构造函数无参数时。
- 使用匿名内部类时，必须也只能继承一个类或者实现一个接口；匿名内部类中不能定义构造函数，不能存在任何的静态成员变量和静态方法。
- 匿名内部类的形参必须是用 `final` 修饰，避免引用值的变化。
- 使用匿名内部类时，一定要慎重对待内存泄漏（内部类保持了外部类的引用实例，内部类不销毁，外部类就无法被回收）。一般用静态内部类+弱引用方式或者动态代理方式替代，如下面代码所示，关于动态代理基础知识，建议大家参考 IBM 的《Java 动态代理机制分析及扩展》。

静态内部类+弱引用方式

```
public class XXActivity extends Activity {

    public void onCreate() {
        new XXRunnable(this).run();
    }

    static class XXRunnable implements Runnable {

        private WeakReference<XXActivity> weakActy;

        public XXRunnable(XXActivity activity) {
            weakActy = new WeakReference<XXActivity>(activity);
        }

        public void run() {
            XXActivity activity = weakActy.get();
            if (activity == null) {
                return;
            }
            ...
        }
    }
}
```

动态代理方式

代理模式是常用的设计模式之一，依据程序运行时，代理类是否存在可以分为静态代理和动态代理两种方式，前者是指代理类在 `Runtime` 之前已存在，后者通过 `java.lang.reflect.Proxy` 系列 `static` 方法来创建代理类或对象，对此我们不展开讨论，需要了解请参考本书“App 架构和重构”设计模式章节内容中的推荐资料，这里用动态代理实现内部类。

```
class WeakProxy implements InvocationHandler {
    private WeakReference<Runnable> weakReference;

    public WeakProxy(Runnable runnable) {
        weakReference = new WeakReference<>(runnable);
    }

    @Override
    public Object invoke(Object proxy, Method method, Object[] args) throws Throwable {
        Object proxied = weakReference.get();
```



```

        return proxied == null ? null : method.invoke(proxied, args);
    }

    private static <T> T wrap(T object) {
        if (object == null) {
            return null;
        }
        return (T) Proxy.newProxyInstance(object.getClass().getClassLoader(),
            object.getClass().getInterfaces(), new WeakProxy((Runnable) object));
    }

    public static <T> T wrap(IWeakHost host, T object) {
        if (host != null && object != null) {
            host.referObject(object);
        }
        return wrap(object);
    }

    public interface IWeakHost {
        void referObject(Object obj);
    }
}

public class WeakProxyActivity extends AppCompatActivity implements WeakProxy.IWeakHost {

    List<Object> referList = new ArrayList<Object>();
    private int xx = 112;

    @Override
    protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
        super.onCreate(savedInstanceState);

        TaskExecutor.executeTask(WeakProxy.wrap(this, new Runnable() {
            public void run() {
                Log.d("MainActivity", "xx:" + xx); // 引用了外部成员变量
            }
        }));
    }

    @Override
    public void referObject(Object obj) {
        referList.add(obj);
    }
}

```

2.3 线程与进程

进程（Process）和线程（Thread）都是操作系统的基本概念，如果把计算机比作是一个工厂的话，进程就好比工厂的车间，代表了 CPU 所能处理的单个任务；而线程就好比车间里的工人。一个进程可以包括多个线程，其内存空间是共享的，每个线程都可以使用这些共享内存，通过互斥锁（Mutex）来防止多个线程同时读写某一块内存区域，通过“信号量”（Semaphore）来保证多个线程不会互相冲突。

线程是操作系统进行运算调度的最小单位，很多时候，为了适当提高程序执行效率，更好地利用 CPU 资源，我们需要使用多线程。多线程是一种利用 CPU 同时处理多个任务从而提高软件工作效率和资源利用率的方法，当然，当线程过多时，会消耗大量的 CPU 资源，且每开一条线程本身也是有开销的（如 iOS 中，主线程占用 1MB 的内存空间，子线程占用 512KB，可以使用 -setStackSize: 设置，但必须是 4KB 的倍数，而且最小是 16KB；线程创建时间大概 90ms）。多线程中，又会涉及线程的管理，需要用到线程池，其可以保证我们多线程使用中的复用、并发以及性能把控。如图 2-6 所示，笔者整理了 Android 和 iOS 中多线程和进程使用方案以及相关注意点，以便大家快速查询。关于多线程中主 UI 线程、多线程并发等使用注意事项，请参考本书“App 性能优化系列”代码优化中的多线程优化相关知识。

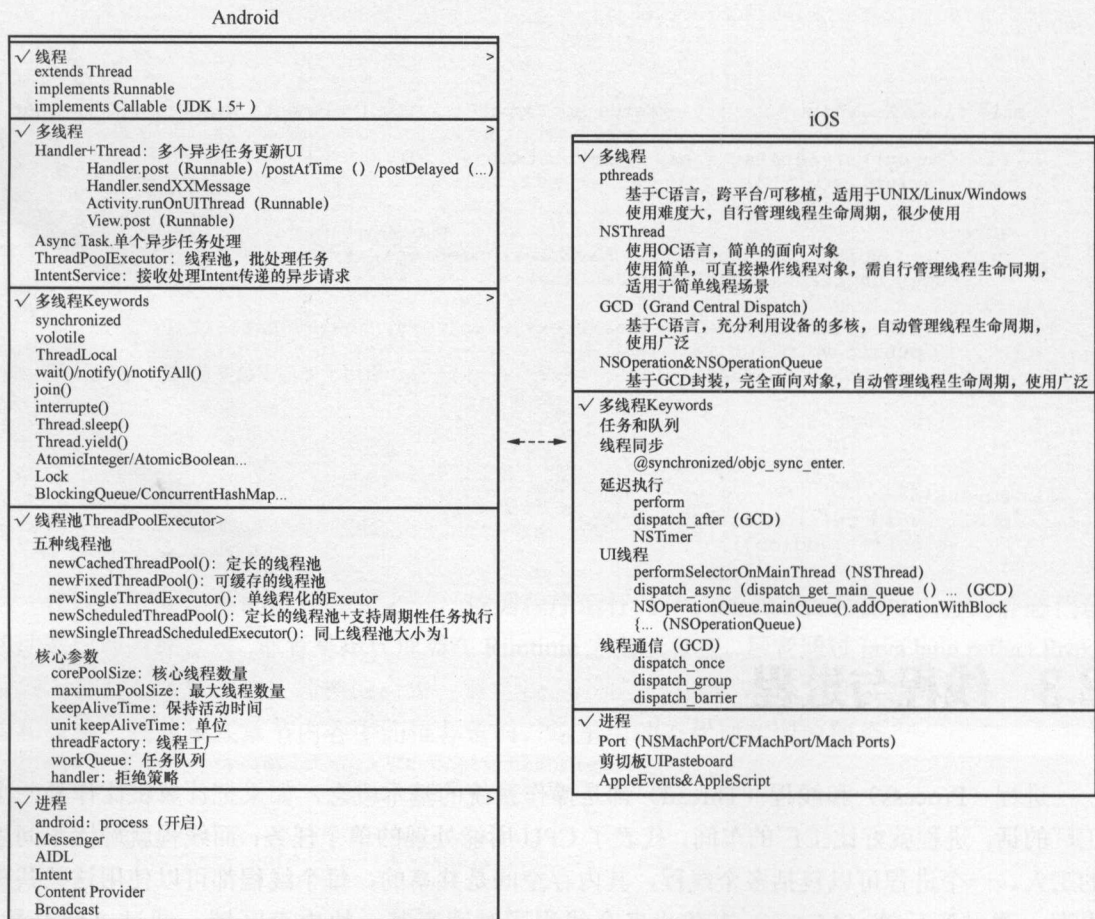


图 2-6 Android 和 iOS 多线程及进程使用

2.4 反射、注解与泛型

反射、注解与泛型也是 App 开发中大量使用的几个概念，如 Android 中的 Retrofit 2.0、Butterknife 等热门开源库都是基于注解等。本节我们来总结一下 Android 和 iOS 中反射、注解和泛型的使用方法和技巧。

2.4.1 反射与注解

反射 (Reflection) 是程序在运行状态中动态检测、访问或者修改类型的行为的特性，具体表现为以下两方面。

- 对于任意一个类，都能知道这个类的所有属性和方法。
- 对于任何一个对象，都能够调用它的任何一个方法和属性。

反射可以让我们在运行时获取类的属性和方法、构造方法、父类、接口等信息，还可以让我们在运行期实例化对象和调用方法等。举个例子，Android 中有两个辅助函数，用于获取或设置系统属性（注意使用反射的类打包时不能被混淆，请参考本书“App 安全逆向系列”章节混淆策略中相关内容），如下代码所示。

```
/**
 * 获取系统属性
 *
 * @param key 键
 * @return 值 system property
 */
public static String getSystemProperty(String key) {
    try {
        Class<?> clsSystemProperties = Class.forName("android.os.SystemProperties");
        Method methodGet = clsSystemProperties.getDeclaredMethod("get", String.class);
        Object result = methodGet.invoke(clsSystemProperties, key);
        return result == null ? null : result.toString();
    } catch (Exception e) {
        return null;
    }
}

/**
 * 应用程序是否打开了显示浮窗的开关（部分 rom 试用，如小米）
 *
 * @param context 当前应用程序的上下文
 * @return boolean boolean
 */
public static boolean floatingWindowHasOpened(Context context) {
    ApplicationInfo applicationInfo = context.getApplicationInfo();
    if (applicationInfo == null) {
        return true;
    }
    Class<? extends ApplicationInfo> clazz = applicationInfo.getClass();
    Field[] fields = clazz.getFields();
    for (Field f : fields) {
```



```

if (f.getName().equals("FLAG_SHOW_FLOATING_WINDOW")) {
    try {
        int i = f.getInt(context.getApplicationInfo());
        int flags = context.getApplicationInfo().flags;
        if ((flags & i) == i) {
            return true;
        } else {
            return false;
        }
    } catch (IllegalArgumentException e) {
    } catch (IllegalAccessException e) {
    } catch (Exception e) {
    }
}
return true;
}

```

iOS 中，以 Swift 为例，官方提供了标准的反射机制，其基于一个名为 Mirror 的 struct 来实现，使用时，只需要为具体的 subject 创建一个 Mirror，然后就可以通过它查询这个对象 subject。如图 2-7 所示，笔者整理了 Android 和 iOS 中反射与注解相关使用方法。

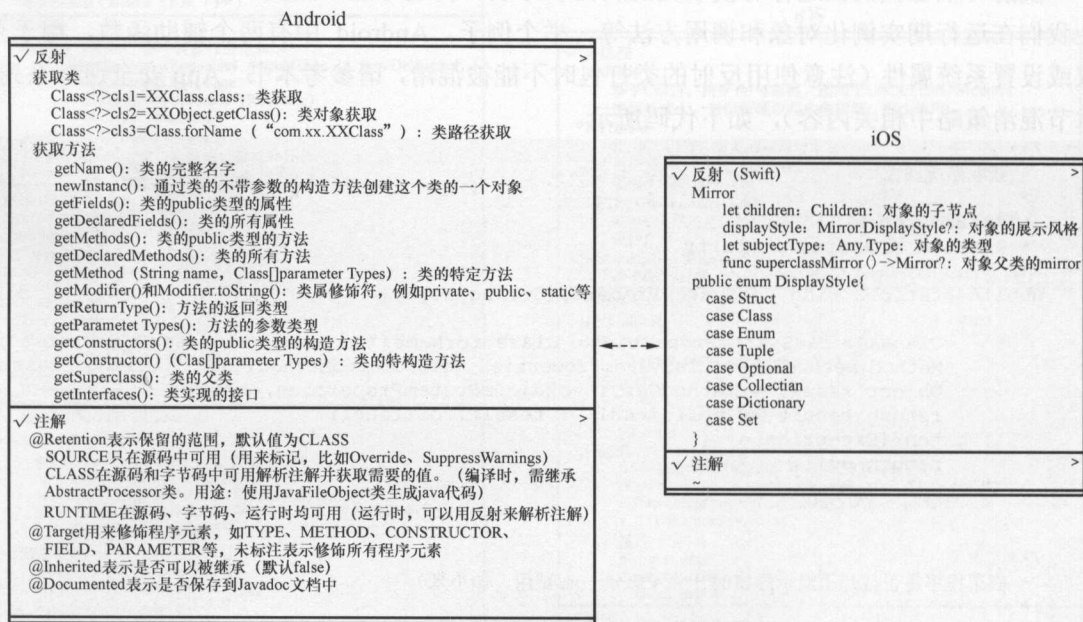


图 2-7 Android 和 iOS 反射与注解

注解 (Annotation)，也叫元数据，是一种代码级别的说明，在 Java 中，Annotation 是 JDK 1.5 及以后版本引入的一个特性，与类、接口、枚举属同一层次，可以声明在包、类、字段、方法、局部变量、方法参数等前面，用来对这些元素进行说明和注释。其本身只是一个标记，之所以产生作用，在于对其解析 [Java 提供了一种源程序中的元素关联任何信息或者任何元

数据 (metadata) 的途径和方法], Java 常见的 4 种原注解如图 2-7 所示。

2.4.2 泛型

泛型也是 App 实际编码中一个重要的手段, 例如 Android 中, 可以自定义继承自 BaseAdapter 实现的 Adapter, 对常用操作进行封装, 为适应传参的多样性而使用泛型, 如下核心代码所示 (baseAdapter)。

```
public class MItemTypeAdapter<T> extends BaseAdapter {
    protected Context mContext;
    protected List<T> mDatas;
    private ItemViewDelegateManager mItemViewDelegateManager;

    public MItemTypeAdapter(Context context, List<T> datas) {
        this.mContext = context;
        this.mDatas = datas;
        mItemViewDelegateManager = new ItemViewDelegateManager();
    }

    // .....

    @Override
    public View getView(int position, View convertView, ViewGroup parent) {
        ItemViewDelegate itemViewDelegate =
            mItemViewDelegateManager.getItemViewDelegate (mDatas.get(position), position);
        int layoutId = itemViewDelegate.getItemViewLayoutId();
        ViewHolder viewHolder = null ;
        if (convertView == null)
        {
            View itemView = LayoutInflater.from(mContext).inflate(layoutId, parent,
                false);
            viewHolder = new ViewHolder(mContext, itemView, parent, position);
            viewHolder.mLayoutId = layoutId;
            onViewHolderCreated(viewHolder, viewHolder.getConvertView());
        } else
        {
            viewHolder = (ViewHolder) convertView.getTag();
            viewHolder.mPosition = position;
        }

        convert(viewHolder, getItem(position), position);
        return viewHolder.getConvertView();
    }

    protected void convert(ViewHolder viewHolder, T item, int position) {
        mItemViewDelegateManager.convert(viewHolder, item, position);
    }

    @Override
    public int getCount() {
        return mDatas.size();
    }

    @Override
    public T getItem(int position) {
        return mDatas.get(position);
    }
}
```

```
@Override
public long getItemId(int position) {
    return position;
}
```

Java 中，泛型是 Java 1.5 引入的特性，主要目的是为解决数据类型的安全性问题，具体包括泛型类、泛型接口及泛型方法，诸如<A>、、<K,V>等。如果想限制使用泛型类别（即只能用某个特定类型或者其子类型才能实例化该类型），可以在定义类型时，使用 **extends** 关键字指定这个类型必须是继承某个类，或者实现某个接口，当然也可以是这个类或接口本身。如下代码所示，规定了 T 必须是一个 List 继承系中的类，即实现了 List 接口的类。

```
public class XX<T extends List> {
    private T[] xx;

    public T[] getXX() {
        return xx;
    }

    public void setXX(T[] xx) {
        this.xx = xx;
    }
}
```

iOS 中同样可以使用泛型，例如下面代码是对网络 post 调用接口的泛型封装。

```
func post<T: BeanCallback>(url: String, paramObject: Mappable? = nil, callback: T, getSi:
Bool = true) where T.BeanType: Mappable {
    ThreadUtil.runOnNonMainThread({
        if (getSi) {
            _ = SysConfigHelper.getSi()
        }
        self.sHttp.post(url: url, paramObject: paramObject, callback: callback)
    })
}

func post<T: BeanCallback>(url: String, params: [String : AnyObject]?, callback: T,
getSi : Bool = true) where T.BeanType: Mappable {
    ThreadUtil.runOnNonMainThread({
        if (getSi) {
            _ = SysConfigHelper.getSi()
        }
        self.sHttp.post(url: url, params: params, callback: callback)
    })
}
```

2.5 本章小结

本章 App 基础语法系列，可以说是本书技术的开篇，为大家简明扼要地概述了编程语言语法相关基础知识，涉及编程语言，编程范式，面向对象思想，线程与进程，反射、注解及泛型，接下来我们在第3章将为大家介绍 App 开发工具系列。

2.6 推荐资料

- [1] 王巍. Swifter: 100 个 Swift 开发必备 Tip. 北京: 电子工业出版社, 2015.
- [2] 使用 Java 8 语言功能.
- [3] Java 8 新特性.
- [4] OO,OO 以后, 及其极限.
- [5] Java 动态代理机制分析及扩展.

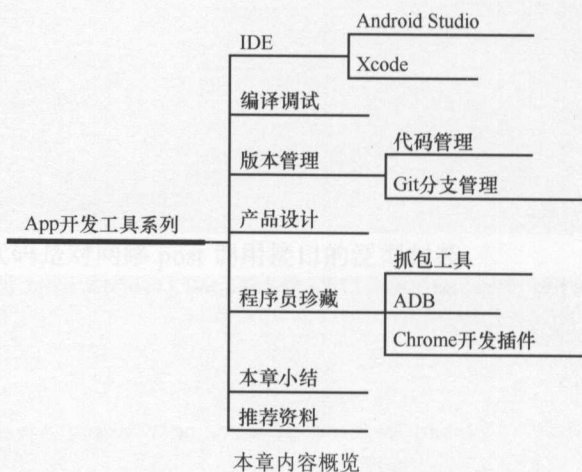
第3章

App 开发工具系列

“软件只是一个表现工具，重要的是你的思考过程”，虽然软件只是工具，但对软件这种工具的选择、掌握和使用的熟练程度往往决定你的开发效率，要想做到事半功倍，前提是你的工具得心应手。

我认为，在我们手中现有的工具箱中，其实已经有了不少经过精心设计、凝聚人类共同智慧，并且已被实践证明行之有效的工具，完全可以拿出来用于解决当今世界面临的各种挑战。当然，在使用的过程中，我们要注意它们之间的相互配合，相互协作，并且对其不断创新和完善。现在是一个工具为王的世界，所有事情几乎都可以通过各种工具去解决，工具就是经验的积累。本章对 App 开发相关的工具进行一个概括和整理，具体包括 IDE 工具、调试和编译工具、版本管理工具、产品设计工具以及一些程序员（码农）珍藏集萃。

图 3-1 所示为 Apple 系和 Google 系官方自身提供的一套完整的生态链工具（公共类工具如版本管理 Git 等不在此范围），开发者只需要利用其工具就可以进行产品的完整生命周期把控。本章不会对工具的使用基础和细节进行阐述，这也不是本书的初衷，仅对笔者在工具使用时相关效率或技巧进行概括，相信架构师路上的你这点领悟还是有的。



3.1 IDE

App 的开发离不开 IDE，本节为大家介绍 Android 和 iOS 开发中必备的 IDE 工具，分别为 Android Studio 和 Xcode。

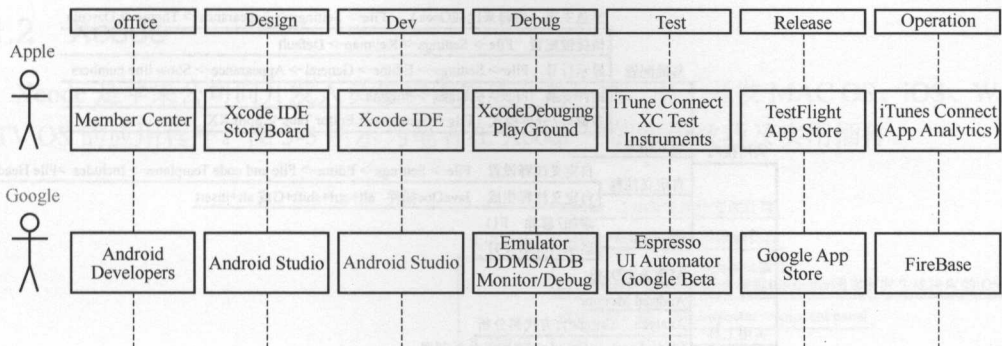


图 3-1 Apple 和 Google App 相关工具生态链

3.1.1 Android Studio

Android Studio 是 Google 官方基于 JetBrains IntelliJ IDEA，为 Android 开发特殊定制，在 Windows、OS X 和 Linux 平台上均可运行的 IDE 工具。Android 从 2013 年 5 月开始推出 v0.1 版，到 2014 年 12 月 v1.0 发布，再到现在的 2.x，越来越多的新特性持续加入，经过了一个从青涩到成熟的过程。想想几年前，我还反复对比 Eclipse 和 Android Studio 的优缺点，持怀疑的态度试用（毕竟一开始都不太情愿从一个熟悉的工具替换成一个陌生工具），现在如果再对比，似乎显得有点幼稚。图 3-2 是笔者在 Android Studio 中的常用技巧及实用插件，供大家参考。



图 3-2 Android Studio 中常用技巧及实用插件

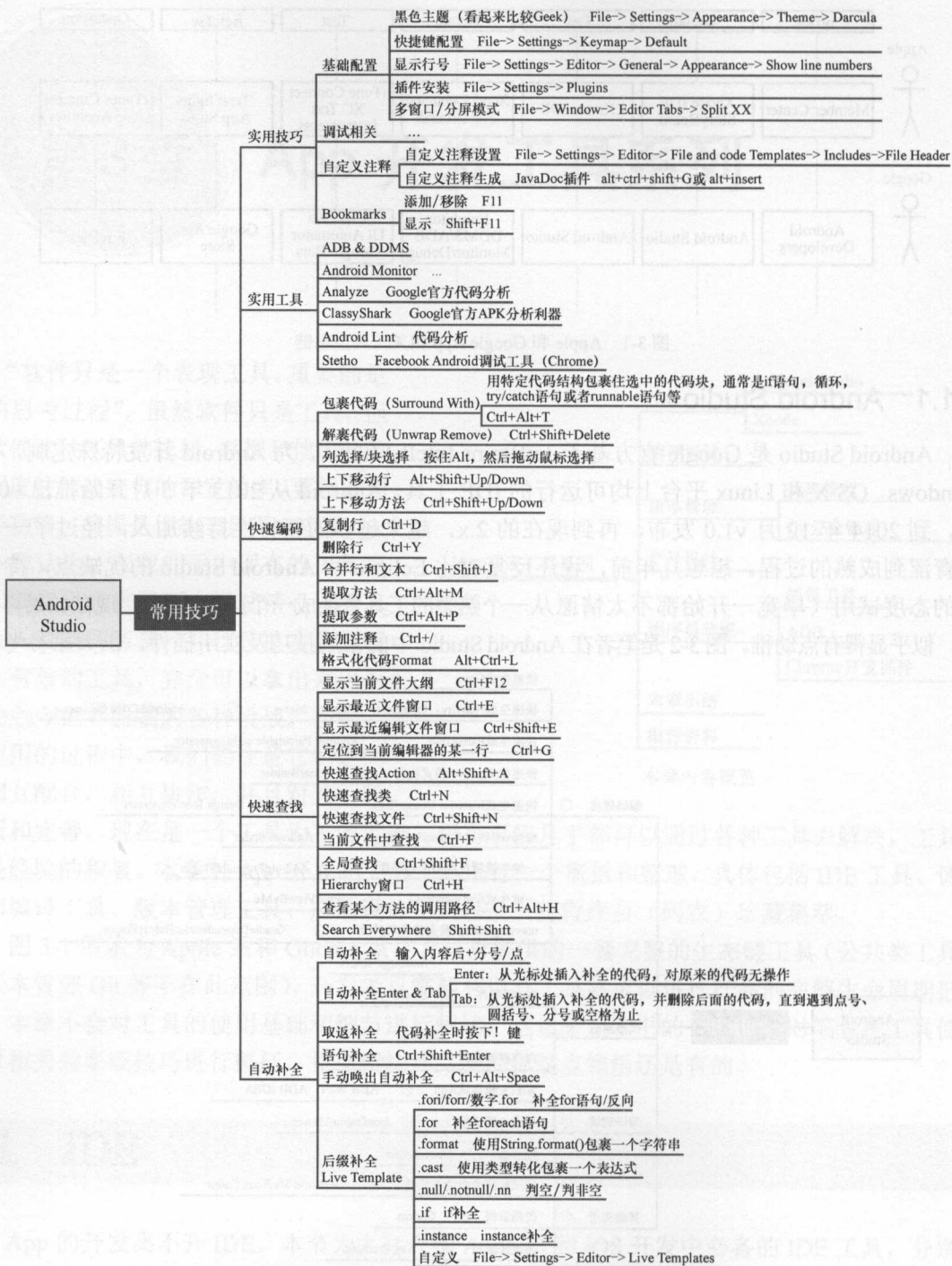
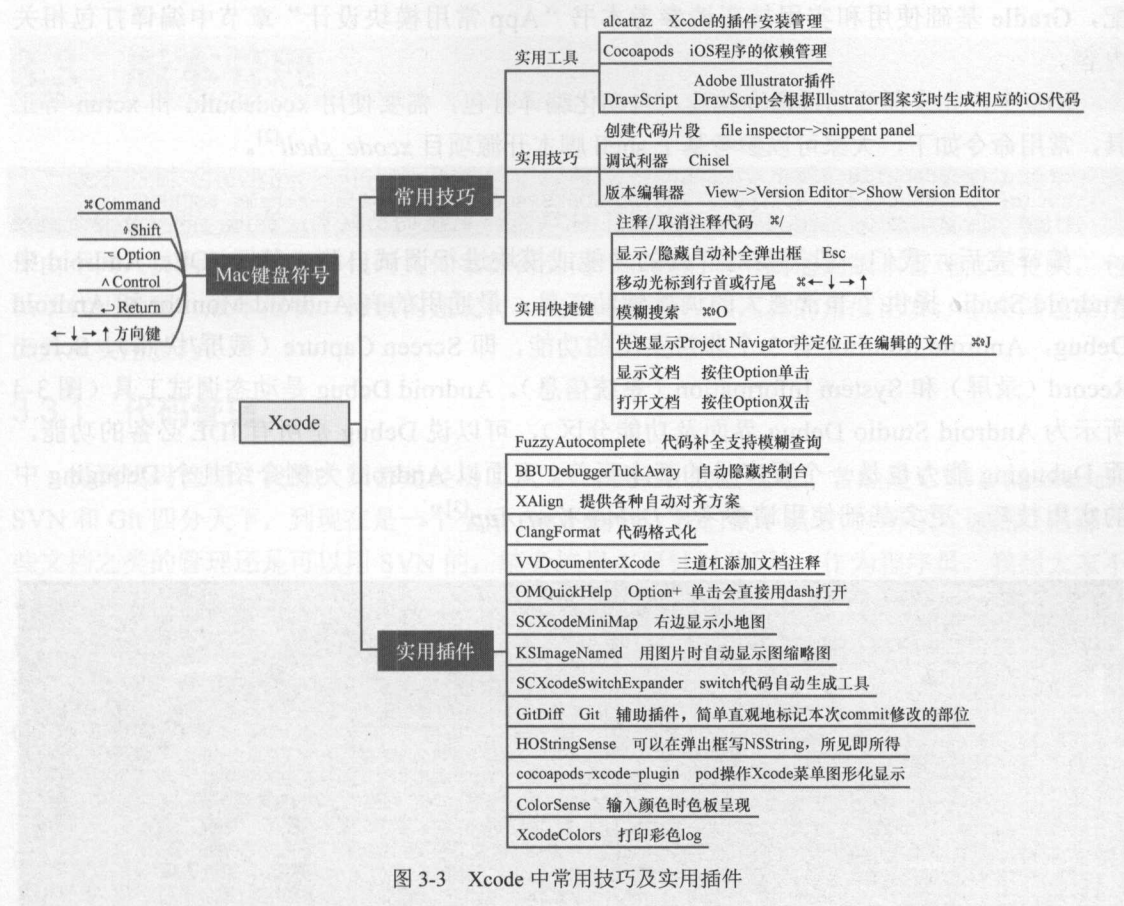


图 3-2 Android Studio 中常用技巧及实用插件 (续)

3.1.2 Xcode

Xcode 是苹果公司向开发人员提供的集成开发环境，用于开发 MAC OS、iOS、WatchOS 和 TV OS 的应用程序。图 3-3 所示为笔者在 Xcode 中的常用技巧及实用插件。



3.2 编译调试

编译调试是我们开发过程中非常重要的一环，是我们程序员自测手段之一。App 中的编译就是将源码生成安装程序的过程，包括 Android 中的 APK，iOS 中的 IPA。编译可以简单地分为两种方式：一种是基于 IDE 的编译，也是我们最常用的；另一种是脱离 IDE 的命令行方式，主要是超级 App 大型团队的流水性持续性构件编译打包，集成工具可以使用 Jenkins，

第3章 App 开发工具系列

结合 Gitlab 或其他 Git 仓库，大家可以参考本书“App 质量和稳定性系列”章节中持续集成相关内容，那里有具体实例讲解。

多年以前，我们使用 Eclipse 进行 Android 中的编译，那时我们大多都是基于 Ant+Maven 来进行 Java 代码的编译和包管理，如今由于 Android Studio 的统一，Gradle 已经成为标配，Gradle 基础使用和实用技巧请参考本书“App 常用模块设计”章节中编译打包相关内容。

iOS 中，如果需要通过命令构建，自动化编译打包，需要使用 xcodebuild 和 xcrun 等工具，常用命令如下，大家可以参考基于 shell 脚本开源项目 *xcode_shell*^[2]。

```
clean: xcodebuild clean
build: xcodebuild -workspace $BUILD_WORKSPACE.xcworkspace -scheme $SCHEME
打包: xcrun -sdk iphoneos PackageApplication -v $APP_FILE -o $IPA_FILE $SIGN_PRE "$SIGN" $EMBED
```

编译完后，我们一般需要对开发的功能或模块进行调试自测，基于 IDE，Android 中 Android Studio 提供了非常强大的调试辅助工具，最通用的有 Android Monitor 和 Android Debug，Android Monitor 有 3 个非常实用的功能，即 Screen Capture（截屏/快照）、Screen Record（录屏）和 System Information（系统信息）。Android Debug 是动态调试工具（图 3-4 所示为 Android Studio Debug 界面及功能分区），可以说 Debug 是所有 IDE 必备的功能，而 Debugging 能力也是一个程序员的基本素养。下面以 Android 为例介绍几个 Debugging 中的实用技巧，更多基础使用请参考“*Debug Your App*^[3]”。

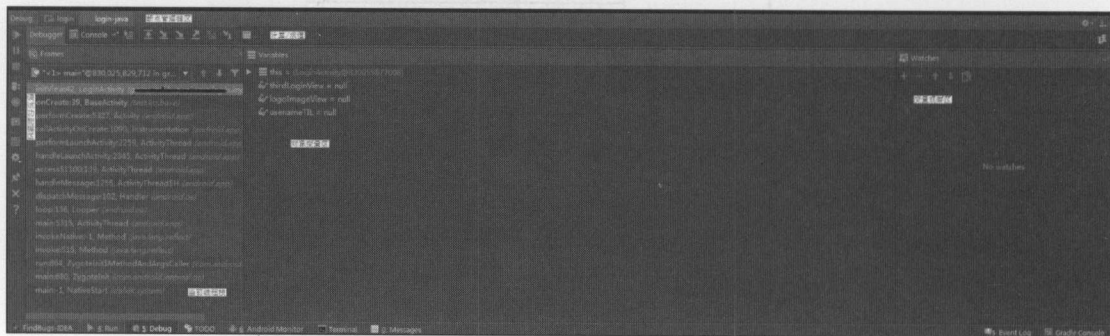


图 3-4 Android Studio Debug 界面及功能分区

- 条件断点。右键单击断点，在弹出的窗口中输入 Condition 条件。
- 日志断点。右键单击断点，在弹出的窗口中取消勾选 *Suspend* 复选框，然后勾选 *Log evaluated expression*，并输入打印语句即可。
- 变量赋值。动态修改变量值调试程序，无须重新运行程序。在该变量的代码处打个断点，然后在 *Variables* 窗口找到对应的变量，修改变量值再执行即可。
- 计算求值。与变量赋值类似。

- 变量观察。直接在断点处以弹窗形式查看变量属性值，而不需要在 Variables 变量区和 Watches 观察区查看。
- 异常断点。工具栏菜单 Run→选择 View Breakpoints→添加 Exception Breakpoints 异常断点。

3.3 版本管理

版本控制 (Revision control) 是维护工程蓝图的标准做法，能追踪工程蓝图从诞生一直到定案的全过程。此外，版本控制也是一种软件工程技巧，借此能在软件开发的过程中，确保由不同人员所编辑的同一代码文件案都得到同步。我们本节阐述的版本管理范围更大，包括了代码管理、版本控制、持续构建交付、代码审核等，从工具的角度出发，主要阐述常用工具及实用技巧。

3.3.1 代码管理

提到代码管理，我想大家都是经历了从 SVN 到 Git 的过程吧，曾经是 CVS、Mercurial、SVN 和 Git 四分天下，到现在是一个全民 Git 的时代，我们就不谈 SVN 等了（诚然，内部一些文档之类的管理还是可以用 SVN 的，笔者这里主要针对代码）。作为程序员，我想大家不可能没有接触过 Github 吧，当然，你可能也在用 Bitbucket 或国内的 Coding（收购 Gitcafe），或许你还接触过 Gitlab、Gerrit，是的，核心就这几个，其他如 CodeReview 工具 Phabricator 我们也不讨论了。在这里要说明一点，大家不要有一个误区，以古老的 SVN 思想简单认为 Git 就是代码管理类工具，这是不对的，Git 主要是一种思想，如标题是一种版本管理思想，在 Git 上演化了 Github、Gitlab、Gerrit、Repo 等工具。

作为个人开发者，主要使用的是 Github 或者 Bitbucket/Gitcafe，你的项目如果使用 Github（免费版）必须开源，而 Bitbucket/Gitcafe 可以使你拥有一定量的私有项目。笔者之前在给几个创业公司作技术指导时，迫于时间和费用问题，常常将公司项目放在 Bitbucket/Gitcafe 上，不可否认，这需要承担一定的风险。

作为创业型团队，建议使用 Gitlab 在公司服务器构建一个 Git 代码管理平台，或者付费使用 Github 等工具。

作为大型团队，基本上都是基于 Gitlab 来搭建 Git 托管服务器的，当然会有针对性地做一些修改，如认证改成证书认证，修改 Group 权限管理，UI 业务适配等。如果你的项目太大，涉及的人太多，Git 库超过了 GB 等级，此时就不太适合用一个 Git 库来管理了，可以结合 Repo（一个管理 Git 库的工具）和 Gerrit 来管理，Google Android 源码就是用 Gerrit+Repo 管理的。记得在阿里时，公司也有 3 套 Gitlab，4 套 Gerrit，当然这是大层面的。小层面上，笔

者之前所在的团队使用 Gitlab 时, 尝试在私有服务器上搭建了 Gerrit, 主要是体验和尝试 Code Review 功能。

关于这些平台的搭建, 官方都有比较详尽的指导。关于 Git 基础知识, 网上资料也很丰富, 各种指南、各种手册很多, 平时命令的查询可以直接查看《Git Community Book 中文版》^[5], 另外推荐阅读一下《Git 权威指南》^[1], 虽然现在去看这些书会觉得有些知识点已经过时, 但我们关注的重点是对思想的理解。大家平时使用 Git 时, 可能主要是记忆命令 (也有可能使用 SourceTree 等工具, 纯 UI 操作就是自己精通 Git 了), 不要纯粹的记忆和使用命令, 要在理解其含义的基础上去使用, 在几十上百人的大团队中多折腾几次冲突处理, 或许你会有更深刻的印象。

3.3.2 Git 分支管理

Git 使用当中, 一个非常重要的点就是分支的使用和管理, 对于分支管理的学习, 大家还可以参考 learnGitBranching 这个开源项目, 以图形化方式呈现, 适合初学者体验和验证, 核心把握下面几个基本原则。

- 控制好你的分支, 区分 Release 分支 (版本发布分支)、Master 分支等, 保护好你的 Release 分支。
- 控制分支数量, 删除不必要的历史特性分支。
- 每次版本提测前、灰度前、发布前记得打 Tag。
- 分支和主干不能分离, 不能脱离组织独干, 分支一定是要和主干合并的。如果你的某种当前特性分支持续时间比较长, 那也要不定期地融合主干与分支, 所谓分久必合, 长期分离是不对的。
- 慎待 Rebase, 深刻理解 Git rebase 后再使用。
- 使用 Issue, Markdown。
- 关注 Code Review, 使用 Gerrit 相对来说比较惬意, 关于 Code Review 请参考本书“我的高效团队”章节中相关内容。
- 冲突了, 不要慌, 沉住气, 慢慢解决。解决冲突必备的装备是不可少的, 主要有 Kdiff 和 BeyondCompare, 笔者一直用的是 Kdiff, 功能强大, 当然现在的 IDE 功能越来越强大, Android Studio 内就集成了 Git Merge 工具。

一般通用的分支管理策略如图 3-5 和图 3-6 所示, 图 3-5 是 *A successful Git branching model* 一文中描述的 Git-Flow 流程, 图 3-6 是笔者对以前项目的一种分支管理模式的图形化整理, 主要有 5 个核心分支干系, 分别为 master 主干分支、版本主干分支 bus/trunk、发布分支 bus/trunk{\$versionName}、特性主干分支 featureX/{\$featureName} 以及 hotfix/{\$versionName} Bugfixed 分支, 其核心思想是 Bug 修复主要沿着 master 分支进行, 修复后并进 master 分支; 特性主干分支每次从 master 分支拉代码, 一个特性完成后合并进 bus/trunk 分支, 最后一个版

本发布后, `bus/trunk` 分支再合并进 `master` 主干分支 (这里有个小技巧, 之前的命名都与 `bus_trunk` 类似, 以下划线分割, 后面偶然会换成斜杠 `bus/trunk` 方式, 发现无论是在 SourceTree 还是 Github 界面上, 都能够以文件夹的方式呈现, 非常 Nice)。

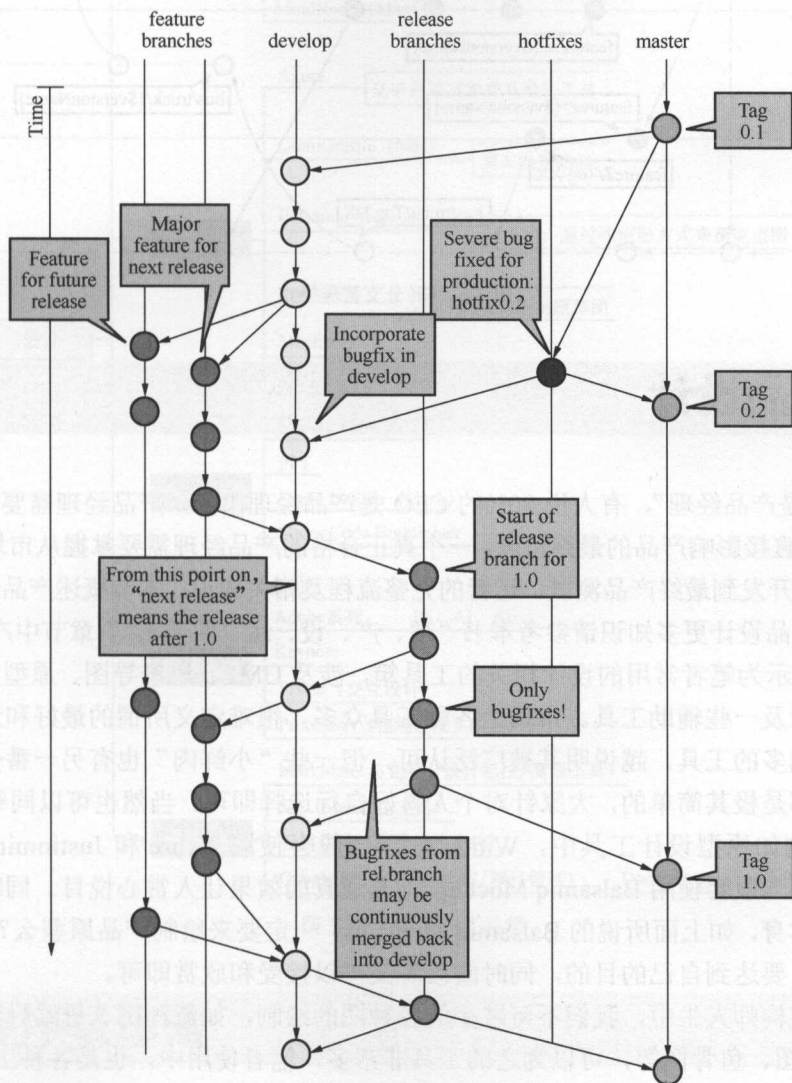


图 3-5 Git-Flow 流程

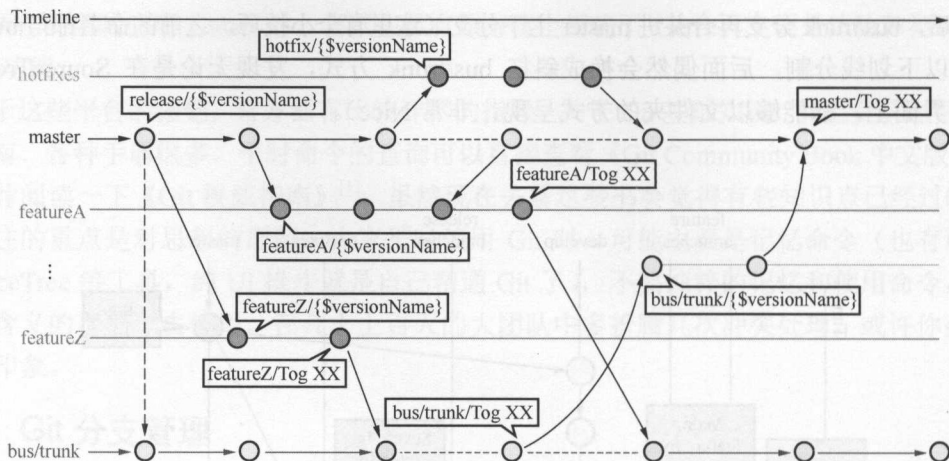


图 3-6 Git 分支管理模式

3.4 产品设计

“人人都是产品经理”，有人说 80% 的 CEO 是产品经理出身，产品经理需要负责整个产品的生命周期，直接影响产品的最终呈现，一个真正合格的产品经理需要掌握从市场调研、需求、设计、原型、开发到最终产品测试、运营的完整流程及相关知识。本节概述产品设计相关实用工具，关于产品设计更多知识请参考本书“项、产、设、运‘四天王’”章节中产品相关内容。

图 3-7 所示为笔者常用的设计相关的工具箱，涉及 UML、思维导图、原型设计、图像绘图、产品演示及一些辅助工具。市场上各种工具众多，很难定义所谓的最好和最坏，一般来说，用的人越多的工具，越说明其被广泛认可，但一些“小鲜肉”也有另一番美丽。这些工具入门起来都是极其简单的，大家针对个人喜好自行选择即可，当然也可以同笔者一样进行综合使用。例如原型设计工具中，Windows 下一般会使用 Axure 和 Justinmind，但如果是草图的绘制，一般会使用 Balsamiq Mockups，其逼真的效果让人赏心悦目。同时大家也不要局限于工具本身，如上面所说的 Balsamiq Mockups，一定要来绘制产品原型么？NO，你可以综合使用，只要达到自己的目的，同时阅读者又可以接受和欣赏即可。

再如，架构师人生中，我们不可缺少的各种图的绘制，如流程图、思维导图、UML 图、拓扑图、ER 图、鱼骨图等，可以为之的工具非常多，笔者使用中，也是各种工具交集杂合，随性随心，能清新地表达本意即可。

另外，图 3-7 中包括了 UML，可能有的读者会不同意，或许你认为 UML 应该是程序员专用，其与程序有必然的关联，但笔者认为程序设计也应该属于产品设计的一环（UML 在本书“App 架构和重构”章节中有专门讲解）。

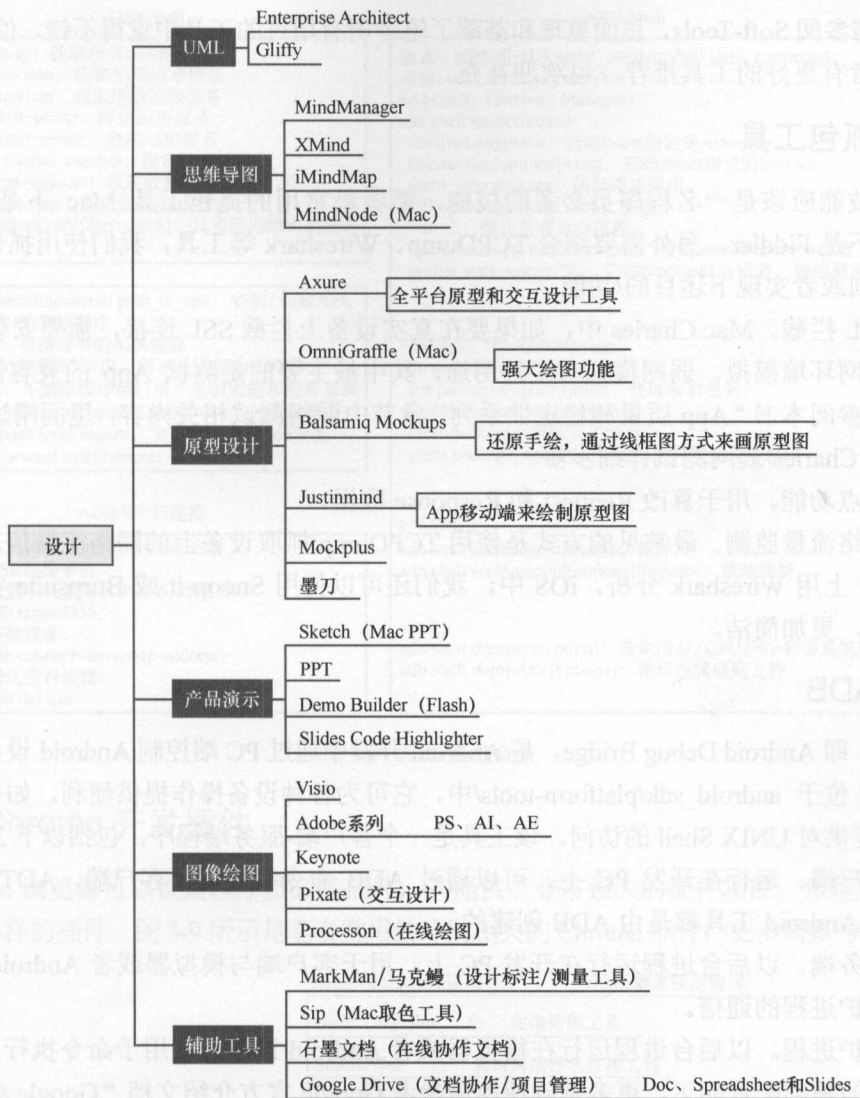


图 3-7 设计实用工具箱

3.5 程序员珍藏

前面小节中分别阐述了 IDE、编译调试、版本管理和产品设计，都是些大而全的巨头，本节介绍一些程序员生涯中小而美的专题工具，主要包括抓包工具、ADB、Chrome 开发插件等，其他还有很多，例如代码行数统计工具 cloc 等，这里不一一描述。关于笔者未介绍的

更多工具请参阅 Soft-Tools，里面整理和荟萃了笔者所有用过的工具中觉得不错，值得留下的，当然若读者有更好的工具推荐，也欢迎补充。

3.5.1 抓包工具

抓包技能应该是一名程序员必备的技能，笔者最常用的抓包工具 Mac 下是 Charles，Windows 下是 Fiddler，另外需要结合 TCPDump、Wireshark 等工具，我们使用抓包工具，一般希望达到或者实现下述目的/功能。

- SSL 拦截。Mac Charles 中，如果要在真实设备上拦截 SSL 连接，需要安装证书。
- 弱网环境模拟。弱网模拟有多种用途，其中最主要的是测试 App 的兼容性，大家可以参阅本书“App 质量和稳定性系列”章节中弱网测试相关内容，里面阐述了 Fiddler 和 Charles 弱网测试详细步骤。
- 断点功能。用于篡改 Request 和 Response 数据。
- 网络流量监测。最常见的方式是使用 TCPDump 抓取设备上的网络流量信息，然后在 PC 上用 Wireshark 分析，iOS 中，我们还可以使用 Snoop-it 或 Burpsuite 实现类似功能，更加简洁。

3.5.2 ADB

ADB，即 Android Debug Bridge，是 Android 开发中通过 PC 端控制 Android 设备的重要命令行工具，位于 android_sdk/platform-tools/中，它可为各种设备操作提供便利，如安装和调试应用，并提供对 UNIX Shell 的访问。该工具是一个客户端-服务端程序，包括以下 3 个组件。

- 客户端。运行在开发 PC 上，可以通过 ADB 命令行来调用客户端，ADT 和 DDMS 等 Android 工具都是由 ADB 创建的。
- 服务端。以后台进程运行在开发 PC 上，用于客户端与模拟器或者 Android 设备上的守护进程的通信。
- 守护进程。以后台进程运行在模拟器或者 Android 设备上，用于命令执行。

ADB 的基础配置如下，更多基础使用请参考 Google 官方介绍文档“Google ADB^[4]”。

- 配置 ADB 环境（Windows/Mac）。
- 开启 Android 设备的 USB 调试功能（Android 4.2+系统，开发者模式默认是隐藏的，需要手动开启）。
- PC 与 Android 设备连接，在 Android 设备上单击“同意”按钮。

图 3-8 所示是笔者常用的牢记于心的 ADB 基础命令，可以说，从事 Android 开发，这些基础命令都是必须记忆的，当然，反对刻意为之，而是用久了自然就留在记忆中了。另外还推荐几个 ADB 实用工具，ADB WIFI 是 Android Studio 插件，可以代替图中繁琐的 Wi-Fi 连接操作过程，Packet Sender Android ADB 是一款端口转发调试工具。

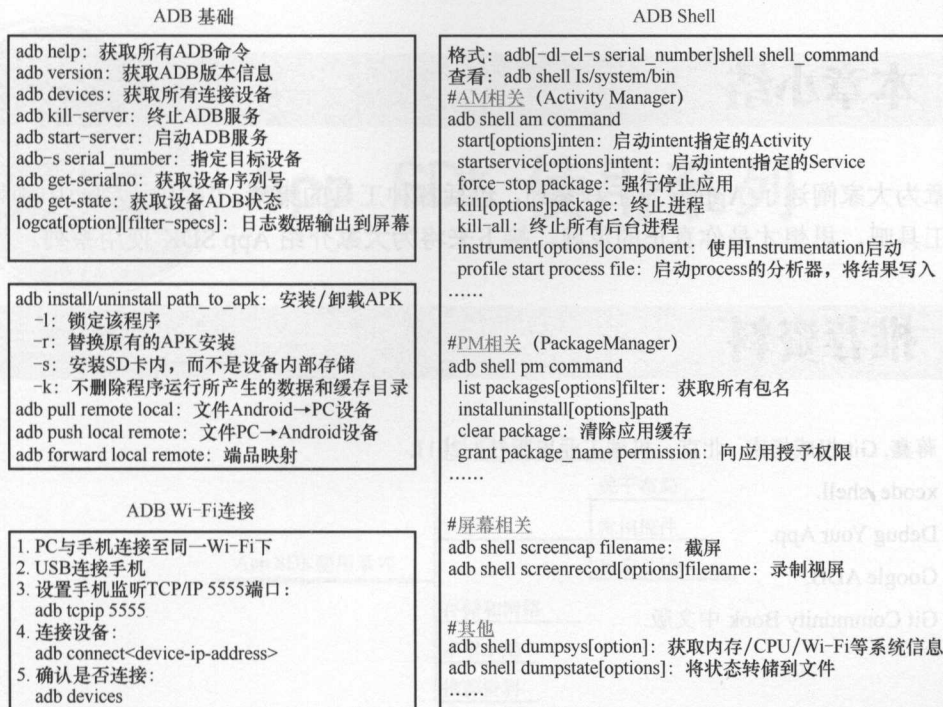


图 3-8 ADB 基础命令

3.5.3 Chrome 开发插件

Chrome 浏览器可以说是程序员必备插件, 其提供了非常强大的插件功能, 市场上也有非常多的各式各样的插件。图 3-9 所示是笔者常用的开发相关的 Chrome 插件, 更多请参考 Soft-Tools。



图 3-9 Chrome 开发实用插件

3.6 本章小结

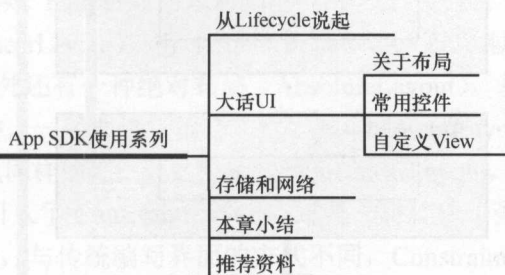
本章为大家阐述了 App 开发工具系列，包括各种工具的集萃，“手中无剑心中剑”，忘了所谓的工具吧，思想才是你真正的灵魂，接下来将为大家介绍 App SDK 使用系列。

3.7 推荐资料

- [1] 蒋鑫. Git 权威指南. 北京：机械工业出版社，2011.
- [2] xcode_shell.
- [3] Debug Your App.
- [4] Google ADB.
- [5] Git Community Book 中文版.



第4章 App SDK 使用系列



本章内容概览

SDK (Software Development Kit), 即软件开发工具包。Google 和 Apple 分别为 Android 和 iOS 开发提供了 SDK, 使得辅助开发者可以更快速地完成 App 的开发。通常意义上的 App 开发往往仅仅是 SDK 的使用。本章不会讨论如何使用 SDK 中的各个组件, 入门级书籍遍地都是, 如果是其他行业转 App 开发者, 建议直接到 Google/Apple 官方查阅, 那里更新、更高效、更权威、更便捷。本章简要地从 UI 和数据存储上以对比 Android 和 iOS 的方式呈现 SDK 中的差异性。

4.1 从 Lifecycle 说起

App 生命周期 (Lifecycle) 可以定义为应用从启动到结束的一个过程中发生的系列事情, 具体在不同组件下会有差异性, 前后台也会有很大区别, 使用 SDK 进行开发前一定需要对 App 或相关组件的生命周期熟知, 才可能写出健壮的程序。

iOS 中应用程序状态就包含 Not running (未运行)、Inactive (未激活)、Active (激活)、Background (后台) 和 Suspended (挂起) 5 种状态, 5 种状态转换如图 4-1 所示^[3]。此处仅以 Android Activity 与 iOS UIViewController 生命周期为例进行对比, 如图 4-2 所示, 主要对比了

3 种状态（第一次启动，退出，应用从后台到前台），当然，还有很多其他不同场景，大家可以参考 Google^[2]/Apple^[3]官网的 Lifecycle 说明。

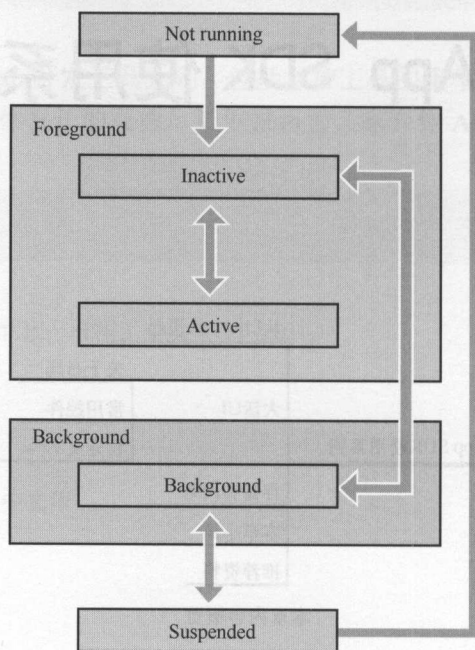


图 4-1 iOS 5 种程序状态转换

Android/iOS Activity/UI ViewController Lifecycle

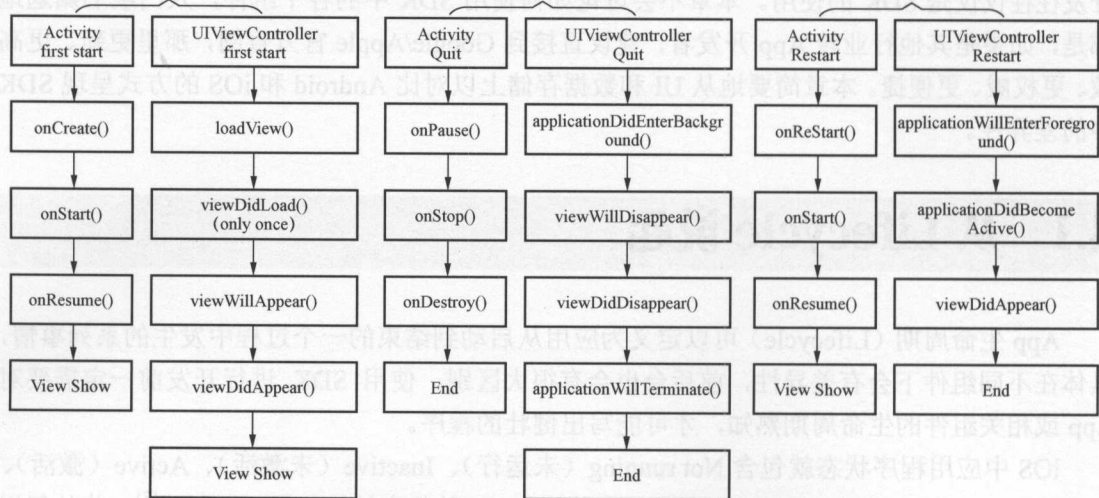


图 4-2 Android Activity 与 iOS UIViewController Lifecycle

4.2 大话 UI

前面聊了 Lifecycle，所谓“鸟欲高飞先振翅”，UI 是 App 开发的基础，本节来概述一下 UI，分布局、常用控件和自定义 View 3 部分。

4.2.1 关于布局

Android 中使用 XML 的布局功能是非常强大、非常易用的，Android Studio 下可以在编辑的同时预览或者两者进行切换，Eclipse 下可以对编辑和预览进行切换。Android 中常用的有 4 种布局方式——线性布局（LinearLayout）、相对布局（RelativeLayout）、帧布局（FrameLayout）和表格布局（TableLayout），另外还有一种绝对布局（AbsoluteLayout），基于坐标宽高来控制布局，基本被废弃。实际应用中，一般会进行混合布局，其中 LinearLayout 和 RelativeLayout 是使用最多的，在都可以实现同样的 UI 效果下优先选择 LinearLayout，其性能最优。另外，在最新的 Android Studio 2.2 引入了 ConstraintLayout，这是一种构建于弹性 Constraints（约束）系统的新型 Android Layout，与传统编写界面的方式不同，ConstraintLayout 还是一种类似拖曳的可视化编写界面方式。

iOS 布局相对来说没有 Android 的便捷，无论是早期的 Xibs，还是现在的 StoryBoard（使用 Visual Basic 那种拖曳方式），一直都在发展和进步中。当然，你也可以学 Geek 们采用纯代码手写 UI，这些都是可以选择的。同时，在采用自动布局（Auto Layout）时，一般需要结合其他第三方库来实现约束更新等，之前笔者用的主要是 SnapKit。

要写好一个布局，不仅需要了解基础工具，同时还需要理解 View 的内部机制，如 iOS 中 View 与 Layer 之间的关系，Offscreen Render 以及 ViewController 的理解，Android 中 View 事件的传递等。思想的理解深入了，布局就只剩体力活了。

4.2.2 常用控件

开章提过，一般通常意义上的 App 开发往往仅仅是 SDK 的使用，而 SDK 的使用中最大块头就是 UI 控件的使用，各种 XX 入门、XX 精通书籍资料遍地都是，特别是当一门新鲜技术面世时，这类书籍资料开始兴起并流行，如 Android 的朝代兴起于 2011 年左右，大概持续了四五年，目前差不多饱和了。如图 4-3 所示，笔者整理了 Android 和 iOS 中常用的 UI 控件，架构师路上的你，应该使用过或是非常熟悉这些控件。



图 4-3 Android 与 iOS 中常用的 UI 控件

4.2.3 自定义 View

很多时候，当系统标准的控件无法满足我们业务场景需求，此时自定义 View 开始出现，Android 开发中这种现象更加普通。

iOS 中自定义 View 一般是对 UIView/UIButton 等进行封装，可以采用纯代码或者 xib+代码方式封装。如果通过纯代码封装，初始化时一定会调用 initWithFrame 方法，而通过 xib/storyboard 创建，初始化时不会调用 initWithFrame 方法，只会调用 initWithCoder 方法，初始化完毕后会调用 awakeFromNib 方法，注意要在 awakeFromNib 中初始化子控件。

Android 中自定义 View，相对来说，可用的部分会多得多。我们需要了解 View 绘制原理、事件的传递机制等，才能很好地实现一个属于你的业务的视图（可以参阅《Android 开发艺术探究》^[1]等），一般需要重写 onMeasure()、onDraw()，前者负责对当前 View 的尺寸进行测量，后者负责把当前这个 View 绘制出来。另外，还可以通过 res/values/styles.xml 自定义

一些布局属性，用于在业务布局文件中使用（注意，使用时需要在根标签中设定命令空间，如 `xmlns:xx="http://schemas.android.com/apk/res-auto"`），当然，炫酷一点，你还可以为你的自定义 View 加入各种 Animation。限于篇幅，本书就不实例演示了，大家可以参考几个典型的开源视图库，推荐 CircleImageView（一个继承 ImageView 的类实现圆形头像）和 daimajia 的 NumberProgressBar（继承自 View 实现炫酷进度条视图）等。

4.3 存储和网络

存储和网络应该是我们 App 开发中必不可少的基础模块，网络部分在本书“App 常用模块设计”中有专门讲解，那里对 Android/iOS 中数据存储方法进行一个概括。图 4-4 汇总了 Android 与 iOS 中基本的数据存储方法，当然具体实际使用时，我们可能会借鉴很多开源库，也会使用一些缓存库，如 YYCache 等，开源库的使用可以大大地提高我们的开发生产效率（开源库的选择请参考本书“开源库的选择和使用”章节中相关内容）。

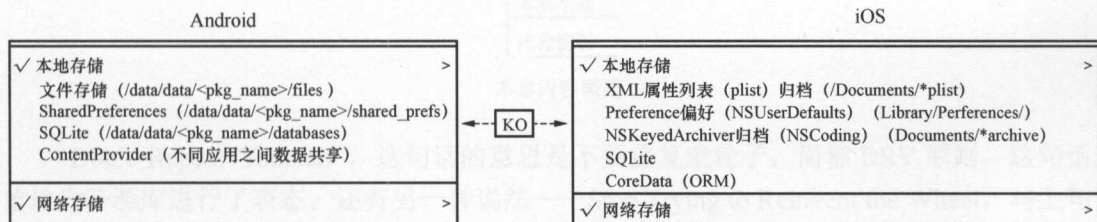


图 4-4 Android 与 iOS 中基本的数据存储方法

iOS 中容易混淆和困惑的是 CoreData 和 SQLite，这里简单总结一下，SQLite 是一种轻量级、对内存和磁盘使用相对较少的数据存储方式，通用于 Android；而 Core Data 是 iOS 特有的，会需要一定的学习成本，操作起来会比 SQLite 更便捷，具体使用建议参考开源库 CoreModel。

4.4 本章小结

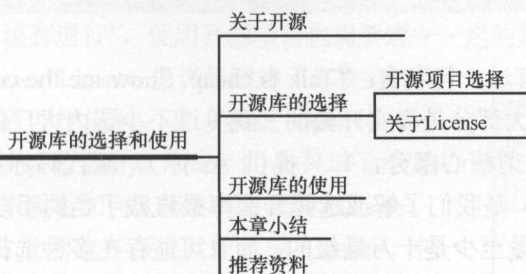
“纸上得来终觉浅，绝知此事要躬行”（陆游《冬夜读书示子聿》），本章为大家概括性地阐述了 App SDK 中的 Lifecycle、UI 以及存储，架构师路上的你权当回忆和整理，下一章将为大家介绍开源库的选择和使用。

- [1] 任玉刚. Android 开发艺术探究. 北京: 电子工业出版社, 2015.
- [2] <https://developer.android.com/guide/components/activities/activity-lifecycle.html>.
- [3] <https://developer.apple.com/library/content/documentation/iPhone/Conceptual/iPhoneOSProgrammingGuide/TheAppLifeCycle/TheAppLifeCycle.html>.

- [1] 任玉刚. Android 开发艺术探究. 北京: 电子工业出版社, 2015.
- [2] <https://developer.android.com/guide/components/activities/activity-lifecycle.html>.
- [3] <https://developer.apple.com/library/content/documentation/iPhone/Conceptual/iPhoneOSProgrammingGuide/appLifeCycle/TheAppLifeCycle.html>.

第5章

开源库的选择和使用



本章内容概览

“Don’t Repeat Yourself”，这句话的意思是不要重复造轮子，简称 DRY 原则，这句话形象地为开源库进行了表态。还有另一种说法——Stop Trying to Reinvent the Wheel，与上句话同一层含义。然而，正所谓“世界那么大，我想去看看”，那么，“开源库那么多，我又该如何选择呢？”是的，开源库的选择和使用，这是本章我们要阐述的。开章之前，我们先看一个图。如图 5-1^[1]所示，WTFPL，英文全称为 Do What The Fu*** You Want To Public License，自行意会一下，不翻译了。

```
DO WHAT THE FU***YOU WANT TO PUBLIC LICENSE
Version 2, December 2004

Copyright (C) 2004 Sam Hocevar <sam@hocevar.net>

Everyone is permitted to copy and distribute verbatim or modified
copies of this license document, and changing it is allowed as long
as the name is changed.

DO WHAT THE FU** YOU WANT TO PUBLIC LICENSE
TERMS AND CONDITIONS FOR COPYING, DISTRIBUTION AND MODIFICATION

0. You just DO WHAT THE FU***YOU WANT TO.
```

图 5-1 WTFPL License

5.1 关于开源

开源 (Open Source), 简单说就是开放源码。开源项目的主要目的是共享, 即不让大家重复造轮子。项目中引入开源项目, 可以节省大量的人力成本和时间成本, 极大地加快产品进度或者试错速度。不过现实往往是残酷的, 开源项目并不完美。代码不规范, 或与自身业务结合后一些未知 Bug 等, 这些都是选择开源项目时需要考虑的。目前主流的开源社区是 Github, 没有之一。

5.2 开源库的选择

Linux 大师 Torvalds 有过一句名言: “Talk is cheap. Show me the code.” 是的, 这是非常实用的一种途径。开源库绝大部分是真实开源的 (我见过不少国内大厂的开源项目, 名为开源, 实际只是一个框架壳, 所谓核心部分, 却只提供 so 库), 源代码赤裸裸地摆在那里, RTFC (Reading The Fu*** Code) 是我们了解或选择开源库最直截了当的手段, 我们一般选择的开源项目都是非常牛的, 代码量至少是十万量级的, 而且可能存在多种选择 (如开源图片库的选择等), 这时候在项目一开始, 不太可能有那么多时间来全部 RTFC, 而且可能涉及多个不同的项目, 所以第一印象或第一准则非常重要, 我们选择开源库时是需要一些标准或经验的。

5.2.1 开源项目选择

■ 项目篇

◆ 作者和维护。

- Author。选择一个开源项目时, 我们必须了解项目作者, 是知名个人 (所谓网红) 还是大型公司 (如 Google 等), 这是我们选择的依据之一。
- Last commit。我们需要重点关注的是最后更新时间, 如果该项目已经停止维护或者最后更新时间超过一年, 就要慎重选择。

◆ 指标。Github 上, 一个项目的 Star/Issues/PullRequests/Releases/Contributors/ Latest commit 信息值得我们关注。

- Star。大量的收藏数/粉丝数, 可能意味着“火”, 意味着“网红”。
- Issues/PullRequests。这意味着可能踩过的坑。
- Releases/Contributors/Latest commit。我们需要关注贡献者和发布版本活跃度, 以及最近一次更新时间, 但版本号没有 1.0+ 的要慎用。

◆ 文档。可用于查看 README.md、功能介绍、使用方法及基本原理等, 便于快速集成验证。

- ◆ 依赖。明确是否对其他第三方库有依赖，如果有很多依赖，则谨慎使用。
- ◆ 聚合。判断某项目是否是大而全的聚合型源码或框架？聚合型项目一般都是高耦合，很难扩展和业务适应，需谨慎使用。
- 业务篇
 - ◆ 业务对称。选择开源项目时应聚焦自身业务，要选择最适合自身业务的项目。
 - ◆ 成熟稳重。所谓“长江后浪推前浪，前浪死在沙滩上”，同类型的新鲜项目往往会比之前项目多一个××功能，引入更多新概念等，往往给人十足诱惑，这时候你需要时刻将业务牢记于心，抵挡必要的诱惑。

5.2.2 关于 License

古语道“行有行规，道有道行”，使用开源项目也需要遵守一定的规则，不可任意为之，即需要软件授权许可——License。License 里详尽阐述了你获得代码之后拥有的众多权利包括可行权利，其中经过 Open Source Initiative 组织批准的开源协议截至目前大概有 80 种^[2]。下面我们结合 Github 上的 License 来看看如何选择各种主流的 License。

图 5-2 所示为 Github 上创建开源项目可选的 License，包括 Apache-2.0(Apache License 2.0), MIT(Massachusetts Institute of Technology), BSD (Berkeley Software Distribution), EPL (Eclipse Public License), AGPL(Affero General Public License), GPL(General Public License), LGPL(Lesser General Public License), MPL(Mozilla Public License)和 The Unlicense 等。其中，The Unlicense 表示放弃版权，将劳动成果无私贡献出来，与之对应的 No License 则保留所有权利，不允许他人分开发、复制或者创造衍生物。

最近，发现 Github 新上线了一个功能（2017.3），单击开源项目的 Licences 后，直接以界面的方式呈现权限和限制，非常便捷，如图 5-3 所示。

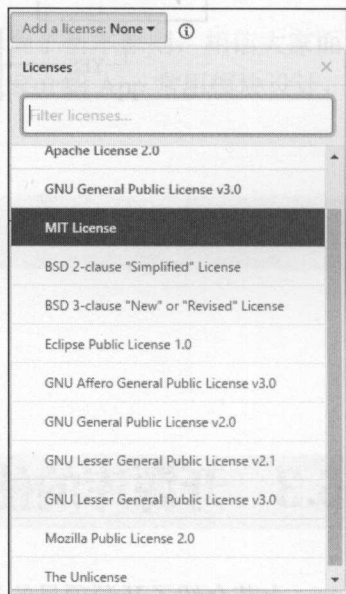


图 5-2 Github 开源项目可选 License

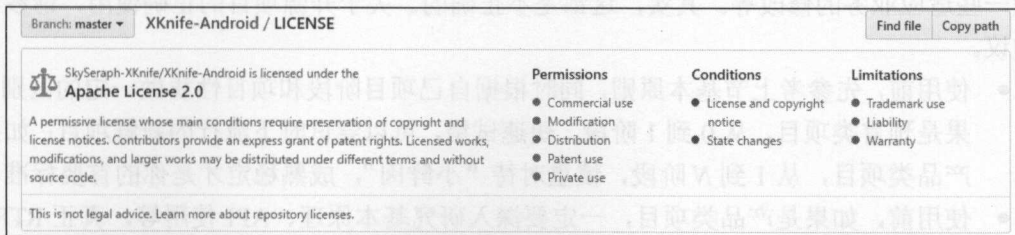


图 5-3 Github License 权限界面呈现

那么,如何区别和选择上述各种 License? 笔者借鉴阮一峰老师的《如何选择开源许可证》^[3]重新整理了一下,如图 5-4 所示。

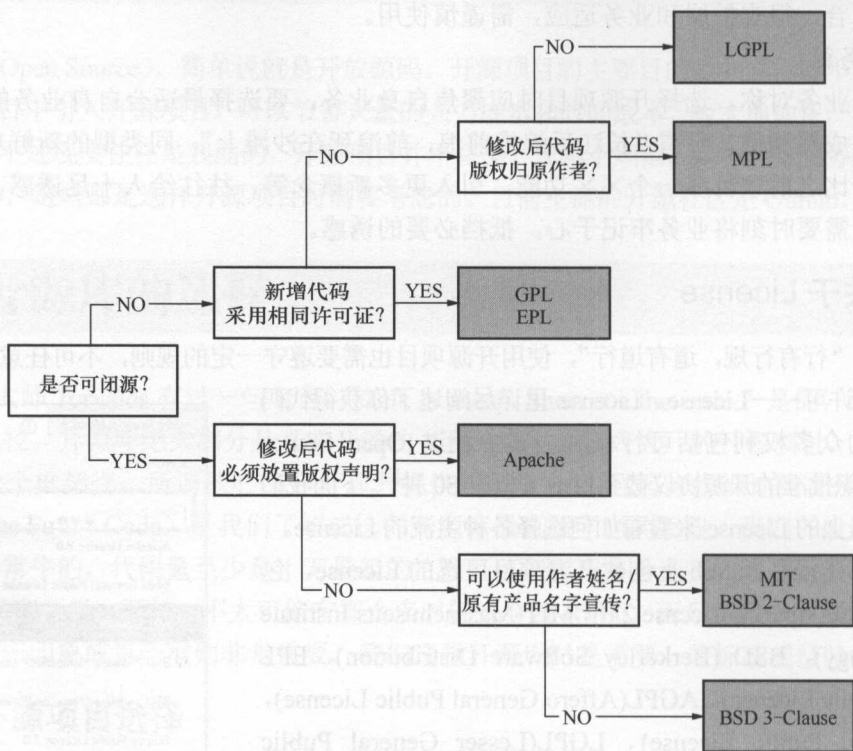


图 5-4 License 的区别和选择

5.3 开源库的使用

上节介绍了开源项目的选择,本节为大家在具体使用开源库时提供一些建议。遥想当年,笔者也曾对开源项目直接执行“拿来主义”,如果业务需要一些修改,那直接集成源码,在上面做一些适应业务的修改等。其实,这都是不正确的。关于开源项目的正确使用,请参考以下建议。

- 使用前,先参考上节基本原则,同时根据自己项目阶段和项目性质做一定的区别,如果是预言类项目,从 0 到 1 阶段,快速试错,可以尝试时下流行的新鲜项目;如果是产品类项目,从 1 到 N 阶段,慎重对待“小鲜肉”,成熟稳定才是你的首要标准。
- 使用前,如果是产品类项目,一定要深入研究基本原理、API 使用等,真正 RTFC,不要靠“拿来主义”,切记要了解完整项目,再投入产品使用。

- 使用中，封装、封装、封装，重要的事情说3遍，一定要自行封装一层。封装的好处非常多，大家都知晓，如可以实现入口统一，适应业务变换或者开源项目本身的变换，灵活快速替换等。
- 使用中，尽量不修改源码，特别是与业务耦合的定制功能（这里说的是源码架构、逻辑等，如果是源码 Bug，不要吝啬，fixed and commit）。如果业务确实比较新颖独特，没有适合自己的“轮子”，那就发明自己的“轮子”吧。
- 使用后，记得将自己遇到的 issue 或建议反馈给开源作者，让开源的世界滚雪球式持续发展。

5.4 本章小结

本章为大家介绍了项目中用到开源库时如何选择及使用。掌握了基本原则，相信大家面对一个新的开源项目时，就知晓如何评判和分析了。接下来为大家介绍 App 常用模块设计，里面就涉及图片开源库、网络开源库的选择。

5.5 推荐资料

- [1] WTFPL 协议。
- [2] <https://opensource.org>。
- [3] 如何选择开源许可证。

6.1.1 构建你的基础组件库

本节已经提到——是时候构建自己的基础组件库了。在 Vue 生态中，V+ 基础组件库是一个非常重要的概念。

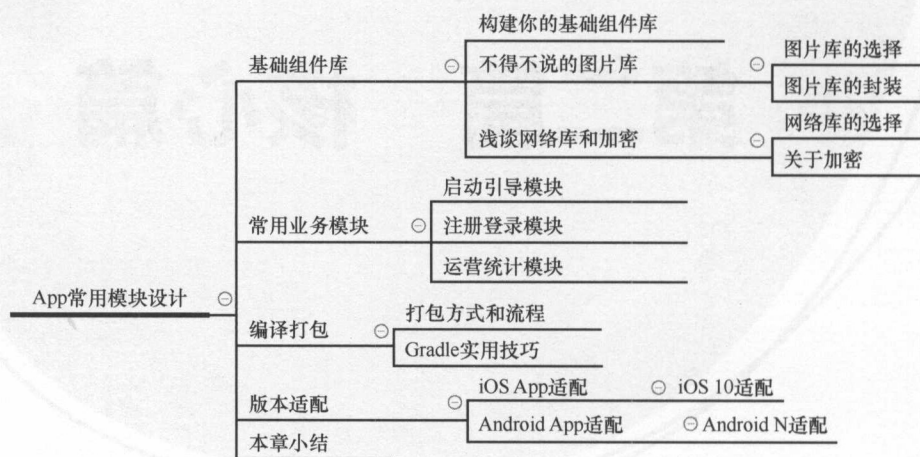
第二篇 核心篇

本书的编写目的是为了帮助读者快速掌握 Vue 的核心知识，并能够熟练运用。本书共分两篇，第一篇为入门篇，主要介绍 Vue 的基础知识和基本用法；第二篇为核心篇，主要介绍 Vue 的高级应用和最佳实践。本书力求做到深入浅出，循序渐进，希望读者能够通过本书的学习，对 Vue 有一个全面的认识，并能够将其应用到实际工作中。

第6章

App 常用模块设计

正所谓“万丈高楼平地起，万里征程一步始”“Rome was not built in a day”（罗马不是一天建成的），高楼的搭建离不开一砖一瓦，恰如前面“开源库的选择和使用”章节中引用的“Stop Trying to Reinvent the Wheel（不要重复造轮子）”，App 常用模块的设计也是经验和知识积累的一个过程，基于历史的积累和整理，以便于我们可以快速搭建和开发 App，本章目录结构如下所示。



本章内容概览

6.1 基础组件库

随着时间的增长，代码量的逐渐累积，你是否会发现，新旧项目之间有太多可复用的代码？当你完整地经历了四五个 App 开发后，是时候整理一下你的公共代码库了，以便以后更好更快地复用，这就是本节与大家讨论的基础组件库。

6.1.1 构建你的基础组件库

开节已经提到——是时候构建你的基础组件库了，不要再重复造“轮子”或者一味地 Ctrl+C/Ctrl+V。基础组件库里存放着一些与业务完全无关、独立可用的类库。图 6-1 所示是笔者整

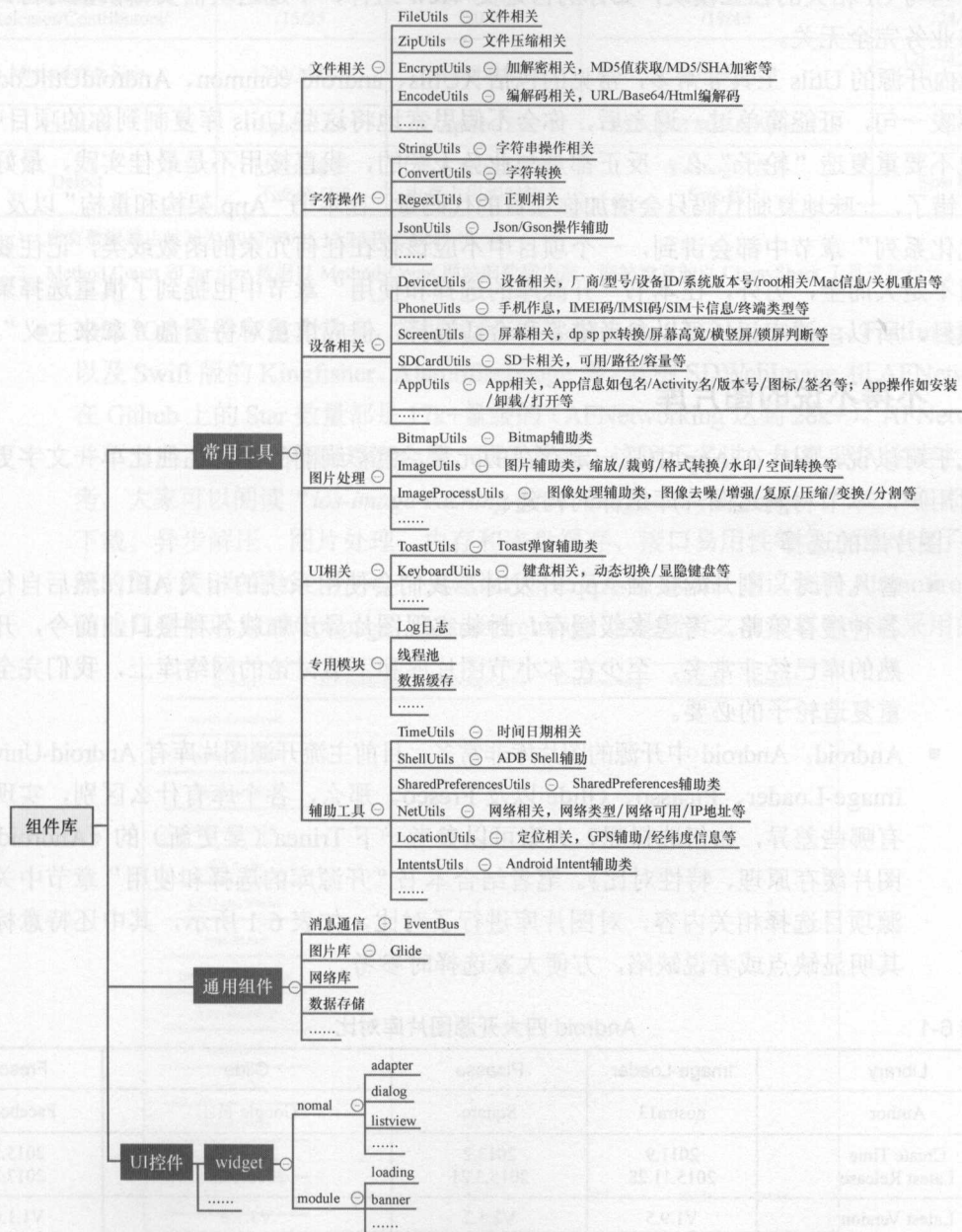


图 6-1 基础组件库

理的基础组件库，人为地将其分为常用工具、通用组件和 UI 控件 3 部分。常用工具中主要是一些 Utils 类，包括与文件操作相关的、与字符操作相关的、与设备操作相关的以及辅助类工具等。通用组件中主要是一些独立模块，包括消息通信、图片库、网络库等。UI 控件中主要是一些与 UI 相关的独立模块，如你的自定义 View 组件，不过这块需要你慎重对待，才能做到与业务完全无关。

业内开源的 Utils 工具非常多，常见的包括 XUtils、android-common、AndroidUtilCode 等。这里啰唆一句，可能简单过一遍之后，你会不假思索地将这些 Utils 库复制到你的项目中去，不是说不要重复造“轮子”么，反正都是与业务无关的，我直接用不是最佳实践，最好的礼遇么？错了，一味地复制代码只会增加你项目的代码量，在本书“App 架构和重构”以及“App 性能优化系列”章节中都会讲到，一个项目中不应该存在任何冗余的函数或类，记住要小而美，而不是大而全，另外，在本书“开源库的选择和使用”章节中也提到了慎重选择聚合型开源项目，所以，请牢记，可以参考借鉴和合适选择，但应慎重对待全盘“拿来主义”。

6.1.2 不得不说的图片库

几乎可以说，图片在 App 中是一定存在的元素，色彩绚丽的图片往往比单一文字更形象和吸引用户，本节将阐述图片库组件的构建。

◆ 图片库的选择

- 曾几何时，刚开始接触 App 开发时，我们会使用系统的相关 API，然后自行设计各种缓存策略，考虑多级缓存，封装实现图片异步加载各种接口，而今，开源成熟的库已经非常多，至少在本小节图片库和下节讨论的网络库上，我们完全没有重复造轮子的必要。
- Android。Android 中开源的图片库非常多，目前主流开源图片库有 Android-Universal-Image-Loader、Picasso、Glide 以及 Fresco。那么，各个库有什么区别，实现原理有哪些差异，如何选择呢？大家可以参考一下 Trinea（吴更新）的《Android 三大图片缓存原理、特性对比》。笔者结合本书“开源库的选择和使用”章节中关于开源项目选择相关内容，对图片库进行了对比，如表 6-1 所示，其中还特意标注了其明显缺点或者说缺陷，方便大家选择时参考。

表 6-1 Android 四大开源图片库对比

Library	Image-Loader	Picasso	Glide	Fresco
Author	nostra13	Square	Google 员工	Facebook
Create Time	2011.9	2013.2	2012.12	2015.3
Latest Release	2015.11.28	2015.3.21	2016.1.25	2017.2
Latest Version	V1.9.5	V2.5.2	V3.7.0	V1.1.0
Latest commit	2016.1.26	This Month	This Month	This Month

续表

Library	Image-Loader	Picasso	Glide	Fresco
API Level	API 5+	API 9+	API 10+ (Android 2.3.3)	API 9+
Star/Issues/PullRequests/Releases/Contributors/	14k+/401/20/15/35	12k+/149/21/20/73	13k+/257/4/19/46	12k+/302/11/24/76
Methods/Jar Size	1206/163KB	849/121KB	2879/476KB	12k+/4241KB (V0.9.0)
Licenses	Apache 2.0	Apache 2.0	BSD, part MIT & Apache 2.0	BSD
Defect	已停止维护 不支持 Gif	不支持磁盘缓存 内存占用相对较大	非 Google 官方 Size 较大	Size 极大

注：1. 所有数据截止时间为 2017/03/05 12:25 PM, GMT+8:00。

2. Method Count 和 Jar Size 数据以 MethodsCount 网站的数据为准，网站没有的以 ClassyShark 工具进行统计。

- iOS。iOS 图片库也非常多，常见的有 SDWebImage、AFNetworking、FastImageCache 以及 Swift 版的 Kingfisher、AlamofireImage 等，其中 SDWebImage 和 AFNetworking 在 Github 上的 Star 数量都是 17k+量级的（AFNetworking 达到 28k+）。AFNetworking 并不专注，是网络和图片混合库。限于篇幅，这里不多讲，如果要从性能上进行参考，大家可以阅读“[ios-image-caching-sdwebimage- vs-fastimage](#)”一文，作者从异步下载、异步解压、图片处理、内存和磁盘缓存、接口易用性等各方面对比了几大主流的图片库，如图 6-2 所示。个人建议，如果是基于 Swift，建议使用 AlamofireImage，功能几乎接近 SDWebImage，AlamofireImage 也是笔者之前项目中一直采用的。

Results	SDWebImage	FastImageCache	AFNetworking	TMCache	Haneke
async download	✓	✗	✓	✗	✓
backgr decompr	✓	✓	✗	✗	✗
store decompr	✓	✓	✗	✗	✗
memory cache	✓	✓	✓	✓	✓
disk cache	✓	✓	NSURLCache	✓	✓
GCD and blocks	✓	✓	✓	✓	✓
easy to use	✓	✗	✓	✗	✓
UIImageView categ	✓	✗	✓	✗	✓
from memory	✓	✗	✓	✗	✓
from disk	✗	✓	✗	✗	✗
lowest CPU	✓	✗	✗	✗	✓
lowest mem	✓	✓	✗	✗	✓
high FPS	✓	✓	✓	✗	✓
License	MIT	MIT	MIT	Apache	Apache

图 6-2 iOS 主流开源图片库性能对比

◇ 图片库的封装

关于为什么要封装, 本书“开源库的选择和使用”章节中已有说明, 不再赘述。以 Android 平台为例, 我们一起来探讨一下如何实现一个“全能”图片库的封装, 后面网络等相关组件库也都可以借鉴此思路。

- 我们先来看 4 个库是如何 Load 一张图片的, 代码如下, 可以说大同小异。封装要做的就是无论以后你的团队或者其他团队如何变更或选择图片库, 都不需要修改业务调用逻辑和相关 API, 便于复用和迁移, 其基本思想就是抽象出一套统一的 API 接口, 对业务是统一的, 而对第三方开源库的选择是多样的。

◆ Android-Universal-Image-Loader.

```
ImageLoader.getInstance().displayImage(imageUrl, imageView, options);
```

◆ Picasso.

```
Picasso.with(context).load(imageUrl).placeholder(R.drawable.xx).into(image);
```

◆ Glide.

```
Glide.with(this).load(imageUrl).into(imageView);
```

◆ Fresco.

```
findViewById(R.id.my_image_view).setImageURI(imageUrl);
```

- 图 6-3 所示是我们构建的图片组件库, 整体上分 3 层, API 用于对外提供可用接口, core 为核心实现逻辑, sdk 分别对应不同图片库的封装, test 为使用实例。Android XImage 组件库类关系如图 6-4 所示。

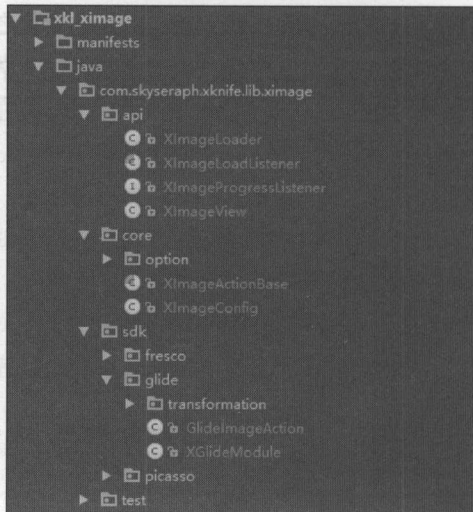


图 6-3 Android XImage 组件库代码结构

API 包中 XImageLoader 为接口入口, 采用单例模式和策略模式; XImageView 是核心参数, 封装了 ImageView 相关信息, 采用泛型参数便于输入任意路径的图片链接 (本地路径/

网络路径/文件/资源), `XImageLoadListener` 和 `XImageProgressListener` 是图片显示可能涉及的回调响应接口。

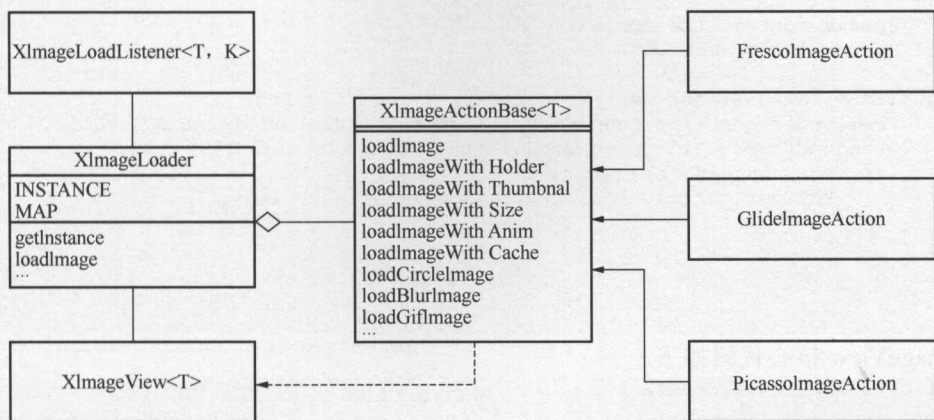


图 6-4 Android XImage 组件库类关系图

`XImageLoader` 核心代码如下。

```

public class XImageLoader {

    private static XImageLoader INSTANCE = Singleton.getSingleton(XImageLoader.class);
    private static HashMap<Integer, XImageActionBase> MAP = new HashMap<>();
    private int curImageAction = XImageConfig.IMAGE_GLIDE;

    static {
        MAP.put(XImageConfig.IMAGE_GLIDE, new GlideImageAction());
        MAP.put(XImageConfig.IMAGE_FRESCO, new FrescoImageAction());
        MAP.put(XImageConfig.IMAGE_PICASSO, new PicassoImageAction());
    }

    private XImageLoader() {

    }

    /**
     * Gets instance.
     *
     * @return the instance
     */
    public static XImageLoader getInstance() {
        return INSTANCE;
    }

    /**
     * Sets cur image action.
     *
     * @param curImageAction the cur image action
     */
    public void setCurImageAction(int curImageAction) {
        this.curImageAction = curImageAction;
    }
}

```

```

    }

    /**
     * Load image.
     *
     * @param context the context
     * @param img the img
     */
    public void loadImage(Context context, XImageView img) {
        PreconditionsUtils.checkNotNull(context, "context is null");
        PreconditionsUtils.checkNotNull(img, "img is null");
        if (MAP.containsKey(curImageAction)) {
            MAP.get(curImageAction).loadImage(context, img);
        }
    }

    .....
}

```

XImageView 核心代码如下。

```

public class XImageView<T> {

    /**
     * T = ?
     * 本地路径 Uri
     * 网络路径 String
     * 文件 File
     * 资源 Id Integer
     */
    private T url;

    private ImageView imageView;

    // ..... 其他参数省略

    private XImageView(Builder builder) {
        this.url = (T) builder.url;
        this.imageView = builder.imageView;
        this.imageSize = builder.imageSize;
        this.holderOption = builder.holderOption;
        this.animateOption = builder.animateOption;
        this.thumbnailOption = builder.thumbnailOption;
    }

    /**
     * Gets image size.
     *
     * @return the image size
     */
    public SizeOption getImageSize() {
        return imageSize;
    }

    /**
     * Gets url.
     *
     * @return the url
     */
}

```



```

public T getUrl() {
    return url;
}

/**
 * Gets image view.
 *
 * @return the image view
 */
public ImageView getImageView() {
    return imageView;
}

// ..... 其他参数方法省略

/**
 * The type Builder.
 *
 * @param <T> the type parameter
 */
public static final class Builder<T> {
    private T url;
    private ImageView imageView;
    private SizeOption imageSize;
    private HolderOption holderOption;
    private AnimateOption animateOption;
    private ThumbnailOption thumbnailOption;

    /**
     * Instantiates a new Builder.
     */
    public Builder() {
        this.url = null;
        this.imageView = null;
        this.holderOption = new HolderOption();
        this.imageSize = new SizeOption(this.imageView);
        this.animateOption = new AnimateOption();
        this.thumbnailOption = new ThumbnailOption();
    }

    /**
     * Url builder.
     *
     * @param url the url
     * @return the builder
     */
    public Builder url(T url) {
        this.url = url;
        return this;
    }

    /**
     * Image view builder.
     *
     * @param imageView the image view
     * @return the builder
     */
    public Builder imageView(ImageView imageView) {

```



```

        this.imageView = imageView;
        return this;
    }

    // ..... 其他参数实现省略

    /**
     * Build x image view.
     *
     * @return the x image view
     */
    public XImageView build() {
        return new XImageView(this);
    }
}

```

XImageLoadListener 核心代码如下，采用虚类而不是接口，因为不同图片库存在差异性，并不是所有函数/接口都需要所有继承者来实现。

```

public abstract class XImageLoadListener<T, K> {

    /**
     * 图片加载成功回调
     *
     * @param uri      图片 url 或资源 id 或 文件
     * @param view     目标载体，不传则为空
     * @param resource 返回的资源，GlideDrawable 或者 Bitmap 或者 GifDrawable,
     *                 ImageView. setImageResource 设置
     */
    public abstract void onLoadingComplete(T uri, ImageView view, K resource);

    /**
     * 图片加载异常返回
     *
     * @param source 图片地址、File、资源 id
     * @param e      异常信息
     */
    public abstract void onLoadingError(T source, Exception e);

    /**
     * 加载开始 (Option)
     *
     * @param source      图片来源
     * @param placeHolder 开始加载占位图
     */
    public void onLoadingStart(T source, Drawable placeHolder) {
    }
}

```

core 包中 XImageActionBase 是一个虚基类，是 sdk 包中具体图片库 FrescoImageAction、GlideImageAction 和 PicassoImageAction 的父类，XImageConfig 是一些全局参数配置，可细化分类的参数配置在 option 子包中。

sdk 包就是我们日常对第三方库的简单封装实现，与第三方库强关联，如果需要替换第三方库，只需要在此增删。

test 包为使用实例，便于团队其他成员参考以及快速集成，具体代码如下。

```

public class TestXImage {

    /**
     * Load image.
     *
     * @param context the context
     * @param image the image
     * @param url the url
     */
    void loadImage(Context context, ImageView image, String url) {
        XImageView imageView = new XImageView.Builder().url(url).imageView(image).build();
        XImageLoader.getInstance().loadImage(context, imageView);
    }

    /**
     * Load image.
     *
     * @param context the context
     * @param image the image
     * @param resDrawableId the res drawable id
     */
    void loadImage(Context context, ImageView image, int resDrawableId) {
        XImageView imageView = new XImageView.Builder().url(resDrawableId).
            imageView(image).build();
        XImageLoader.getInstance().loadImage(context, imageView);
    }

    /**
     * Load image with thumbnail.
     *
     * @param context the context
     * @param image the image
     * @param url the url
     */
    void loadImageWithThumbnail(Context context, ImageView image, String url) {
        XImageView imageView = new XImageView.Builder().url(url).imageView(image).
            imageSize(new SizeOption(100, 100)).build();
        XImageLoader.getInstance().loadImageSize(context, imageView);
    }

    /**
     * Load image size.
     *
     * @param context the context
     * @param image the image
     * @param url the url
     */
    void loadImageSize(Context context, ImageView image, String url) {
        XImageView imageView = new XImageView.Builder().url(url).imageView(image).
            imageSize(new SizeOption(100, 100)).build();
        XImageLoader.getInstance().loadImageSize(context, imageView);
    }
}

```

6.1.3 浅谈网络库和加密

如今是移动互联网时代，网络模块也是 App 中一定存在的元素，可以说几乎很少会有单

一离线的 App 存在，本节就来阐述网络库的选择和加密。

◇ 网络库的选择

“In the old days networking in Android was a nightmare, nowadays the problem is to find out which solution fits better the project necessities.” 确实，如果从 2012 年开始，我就从事 Android 开发，会有更深刻的体会。正所谓“自己动手，丰衣足食”。

- Android。Android 原生网络请求相关接口（仅指 Http）有 HttpClient 和 HttpURLConnection 两种，前者在 Android 5.0+后官方弃用，后者建议在 Android 2.2+以后使用（Bug Fixed 和开启了 GZip 压缩）。如果现在还是基于原生 API 来做网络请求，由于网络请求不能在主 UI 线程中进行，线程池、缓存策略等各种问题都需要自己解决，所以这不是很 Nice 的一件事。目前主流的网络库有 Android-Async-Http、Volley、OkHttp 和 Retrofit（表 6-2 中加入 DataDroid 的原因是，我在之前的公司用的就是这个古老的库），Android 几大开源网络库对比如表 6-2 所示。具体使用时，对于小型 App 数据请求，可以用 Volley；而大型 App 的数据交互和网络请求，建议使用 Retrofit 或者自行封装的 OkHttp（可以参考 OkHttpUtils 项目），当然你还可以尝试结合 Volley+OkHttp，也可以结合 Rxjava（参考 RxVolley）。

表 6-2 Android 几大开源网络库对比

Library	DataDroid	Async-Http	Volley	OkHttp	Retrofit
Author	foxykeep	loopj	Google	Square	Square
Create Time Latest Release	2011.8.1 2013.3.28	2011.6.5 2015.9.20	2016.12.29	2013.5.6 2017.1.30	2012.6.14 2017.1.6
Latest Version Latest commit	v2.1.2 2014.3.10	v1.4.9 2016.3.20	v1.0.0 This Month	v3.6.0 This Month	v2.2.0-beta3 This Month
API Level	API 8+	—	API 8+	Android 9+	Android 9+
Star/Issues/PullRequests /Releases/Contributors	656/3/0/ 7/4	9k+/197/3/ 11/73	129/7/1/ 1/30	18k+/114/7/ 46/127	19k+/46/8/ 39/105
Methods/Jar Size	204/43.2KB	513/105KB	600+/80KB+	2750/336KB (3.2.0)	3349/89KB (2.1.0)
Licenses	Beerware	No License	Apache 2.0	Apache 2.0	Apache 2.0
Defect	已停止维护	已停止维护	不适合文件和大数据网络传输		

注：1. 所有数据截止时间为 2017/03/05 12:25 PM, GMT+8:00。

2. Method Count 和 Jar Size 数据以 MethodsCount 网站的数据为准，网站没有的以 ClassyShark 工具进行统计。

3. Volley 采用的是目前刚刚集成进 Google 官方的版本，所以 Star 等指标量很少。

- iOS。iOS 网络库非常多，常见的有十多种，最主流的两款是基于 OC 语言的 AFNetworking（目前使用的人最多，Star 28k+）和基于 Swift 的 Alamofire（纯

Swift, Star 22k+)。如果使用 AFNetworking, 可以参考一下 YTKNetwork, 其对 AFNetworking 进行了封装, 同时增加了按时间或版本号缓存网络请求内容, 可以检查 JSON 返回内容的合法性, 并具有批量请求、文件断点续传和插件机制等更多功能。

◇ 关于加密

密钥的保护以及网络传输安全可以说是移动应用安全最关键的内容, 涉及密码学(用于加密、认证和鉴定的学科)知识, 作为架构师, 至少应知晓有哪些加密方法或手段, 以及如何选择这些方法或手段。笔者整理了常见的加密算法, 主要分为对称加密算法、非对称加密算法和 Hash 算法, 如图 6-5 所示。



图 6-5 常见加密算法

- 对称加密算法。安全性取决于加密算法本身和密钥的私密性, 相对于非对称加密算法, 密钥管理较难, 速度快几个数量级, 适合大数据量的加解密处理, 对称加密算法流程图如图 6-6 (a) 所示。

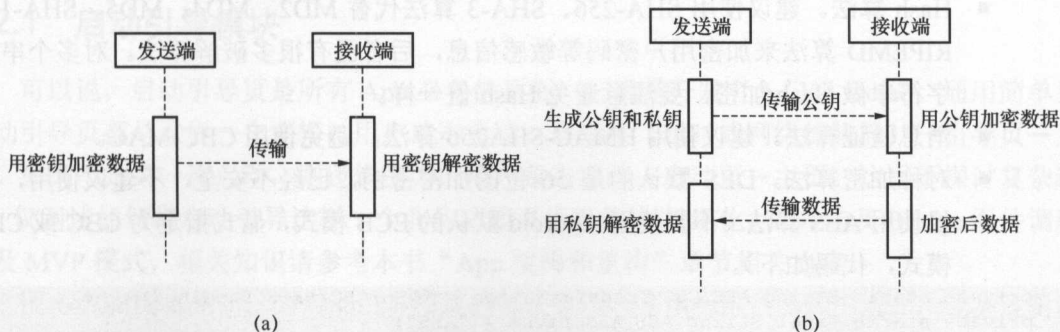


图 6-6 对称和非对称加密算法流程图

第6章 App 常用模块设计

- 非对称加密算法。非对称加密算法中需要公开密钥（public key）和私有密钥（private key）两个密钥，密钥与数据是一一对应的。密钥管理容易，安全性高，但加解密速度慢，适合小数据量加解密或数据签名，非对称加密算法流程图如图 6-6（b）所示。
- Hash（哈希）算法。Hash 函数是一种将任意长度的消息压缩到某一固定长度（消息摘要）的函数（该过程不可逆），可用于数字签名、消息的完整性检测、消息起源的认证检测等。Hash 算法常见的有 MD5、SHA、HMAC、RIPEMD、HAVAL、N-Hash、Tiger 等。

具体选择和使用时，对称加密算法建议选择 AES，非对称加密算法建议选择 ECC 或 RSA，消息摘要可以用 MD5，数字签名相关可以用 DSA 等，Android 下更多关于加密实用经验请参考本章的推荐资料。具体实践时，如果使用 OkHttp 网络库，可以通过 OkHttp Builder 的 `certificatePinner` 方法预设服务端证书的 `pining` 值，也可以通过 `interceptor` 插入加解密代码，非常简单便捷。例如，使用如下代码，可通过 `interceptor` 分别对普通请求和安全类请求插入加解密处理类。

```
Http.initDefault(new OkHttpClient.Builder()
    .connectTimeout(8, TimeUnit.SECONDS)
    .writeTimeout(10, TimeUnit.SECONDS)
    .readTimeout(20, TimeUnit.SECONDS)
    .addInterceptor(new EncodeRequestInterceptor(this))
    .addInterceptor(new DecodeResponseInterceptor(this))
);

Http.initSecurity(new OkHttpClient.Builder()
    .connectTimeout(8, TimeUnit.SECONDS)
    .writeTimeout(10, TimeUnit.SECONDS)
    .readTimeout(20, TimeUnit.SECONDS)
    .addInterceptor(new SeEncodeRequestInterceptor(this))
    .addInterceptor(new SeDecodeResponseInterceptor(this))
);
```

- Base64。不要使用 Base64 来加密数据，Base64 只是一种编码方式。
- 随机数。使用 `SecureRandom` 代替 `Random` 类来获取随机数，但注意不要为 `SecureRandom` 设置种子。
- Hash 算法。建议使用 SHA-256、SHA-3 算法代替 MD2、MD4、MD5、SHA-1、RIPEMD 算法来加密用户密码等敏感信息，后者已有很多破解算法。对多个串联字符串做 Hash 加密，要注意避免 Hash 值一样。
- 消息验证算法。建议使用 HMAC-SHA256 算法，避免使用 CBC-MAC。
- 对称加密算法。DES 默认的是 56 位的加密密钥，已经不安全，不建议使用，建议使用 AES 算法（不要使用 Android 默认的 ECB 模式，显式指定为 CBC 或 CFB 模式，代码如下）。

```
private static String AES_CBC_Transformation = "AES/CBC/PKCS5Padding";
private static final String AES_Algorithm = "AES";
public static byte[] encryptAES(byte[] data, byte[] key) {
    return EncryptTemplate.desTemplate(data, key, AES_Algorithm, AES_CBC_Transformation,
```

```

        true);
    }
    public static byte[] desTemplate(byte[] data, byte[] key, String algorithm, String
transformation, boolean isEncrypt) {
        if (data == null || data.length == 0 || key == null || key.length == 0) {
            return null;
        }
        try {
            SecretKeySpec keySpec = new SecretKeySpec(key, algorithm);
            Cipher cipher = Cipher.getInstance(transformation);
            SecureRandom random = new SecureRandom();
            cipher.init(isEncrypt ? Cipher.ENCRYPT_MODE : Cipher.DECRYPT_MODE, keySpec, random);
            return cipher.doFinal(data);
        } catch (Throwable e) {
            e.printStackTrace();
            return null;
        }
    }
}

```

- 非对称算法。密钥长度不要低于 512 位，建议使用 2048 位的密钥长度。RSA 加密算法应使用 `Cipher.getInstance(RSA/ECB/OAEPWithSHA256AndMGF1Padding)`，否则可能存在重放攻击的风险。
- 密钥存储。动态/运行时密钥存储用 Android KeyStore，其提供了随机密钥生成和存储密钥功能，其 key 是依托于硬件的 KeyChain 存储在系统中，而非 App 目录下，其他应用是无法访问获取的，预存密钥通过 so 库预设 key/secret 存储（参考本书“App 安全逆向系列”中 App 签名验证相关内容）。

6.2 常用业务模块

上节介绍完基础组件库，本节谈谈业务模块，不同的业务拥有属于自己的与其他模块完全不同的模块，本节针对其中最常见、最基础的启动引导模块、注册登录模块以及运营统计模块进行阐述。

6.2.1 启动引导模块

可以说，启动引导页是所有 App 必备的页面，一般是开发者入门级 Demo。通用简单型启动引导页都是这样一个逻辑：用户单击启动→启动页（延时或网络加载等）→引导页→主页。如果不是第一次启动，则逻辑变为：用户单击启动→启动页→主页。这里不探讨复杂逻辑，仅阐述如何将启动引导这样一个业务功能进行组件化/模组化，同时涉及 Bridge 组件调度以及 MVP 模式，相关知识请参考本书“App 架构和重构”章节相关内容。

图 6-7 和图 6-8 所示为启动引导模块的类关系图，采用标准的 MVP 模式，业务逻辑在 `**Presenter` 中完成，UI 相关在 `**View` 和 `**Activity` 中呈现。

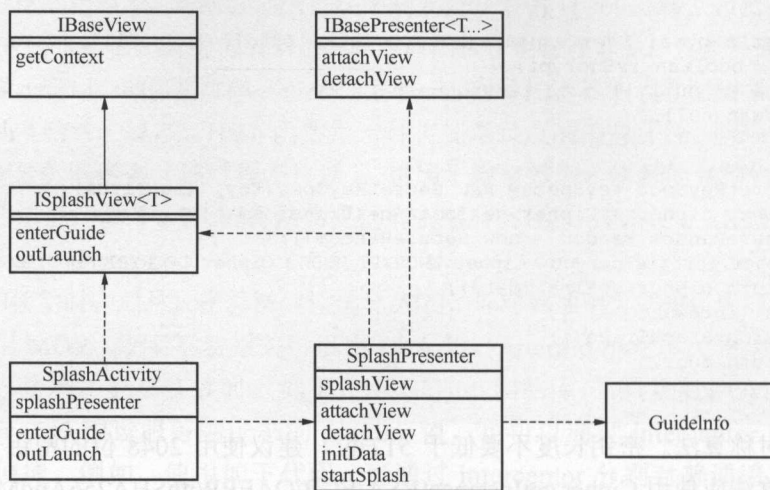


图 6-7 Launch-Splash 模块类关系图

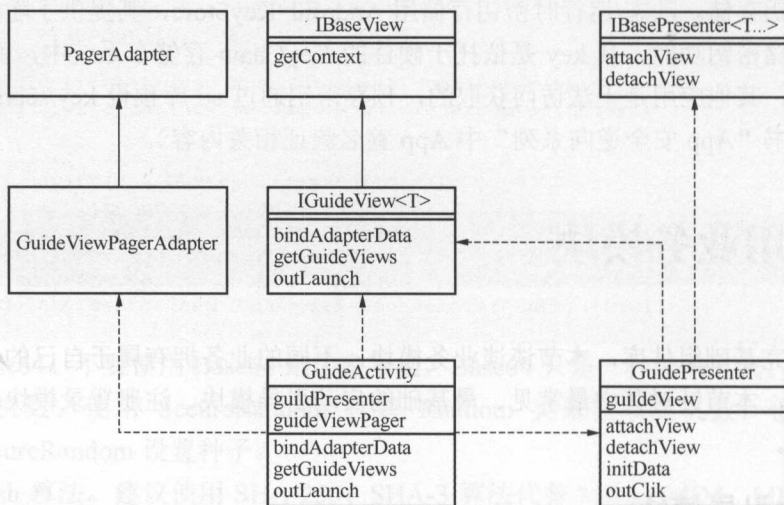


图 6-8 Launch-Guide 模块类关系图

6.2.2 注册登录模块

注册登录也是通用的基础业务模块，从产品的角度来看，一个 App 按照是否需要登录可以分为 3 类：第一类是依托账号建立产品服务的（如微信），必须登录；第二类是按需登录的（如知乎等），浏览无须登录，收藏/评论等需要登录；第三类是无须登录的，主要是工具类应用，如计算器。所以，不同应用对注册登录模块会有不同的要求，同时用户注册/登录也是多样性的，可以通过用户名、邮箱账号、手机账号等注册/登录，另外，现在三方登录（微信/QQ/

微博等)也是常见的一种方式。

图 6-9 所示为注册登录模块的代码结构图,分为 api、imp 和 test 3 部分: api 用于提供给 Bridge 调用的接口; imp 是具体实现,采用标准的 MVP 模式设计; test 是独立的测试程序,即本模块也可以作为独立的 APK 安装到手机中进行测试。图 6-10 所示为注册登录模块的时序图,本图以登录逻辑为例,注册和密码重置流程与之类似。

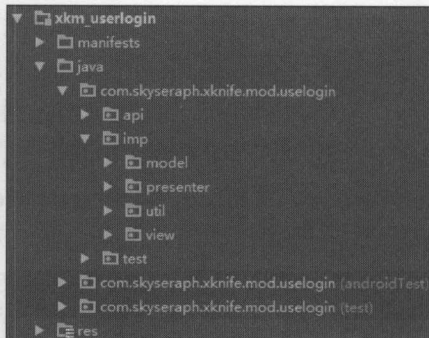


图 6-9 注册登录模块代码结构图

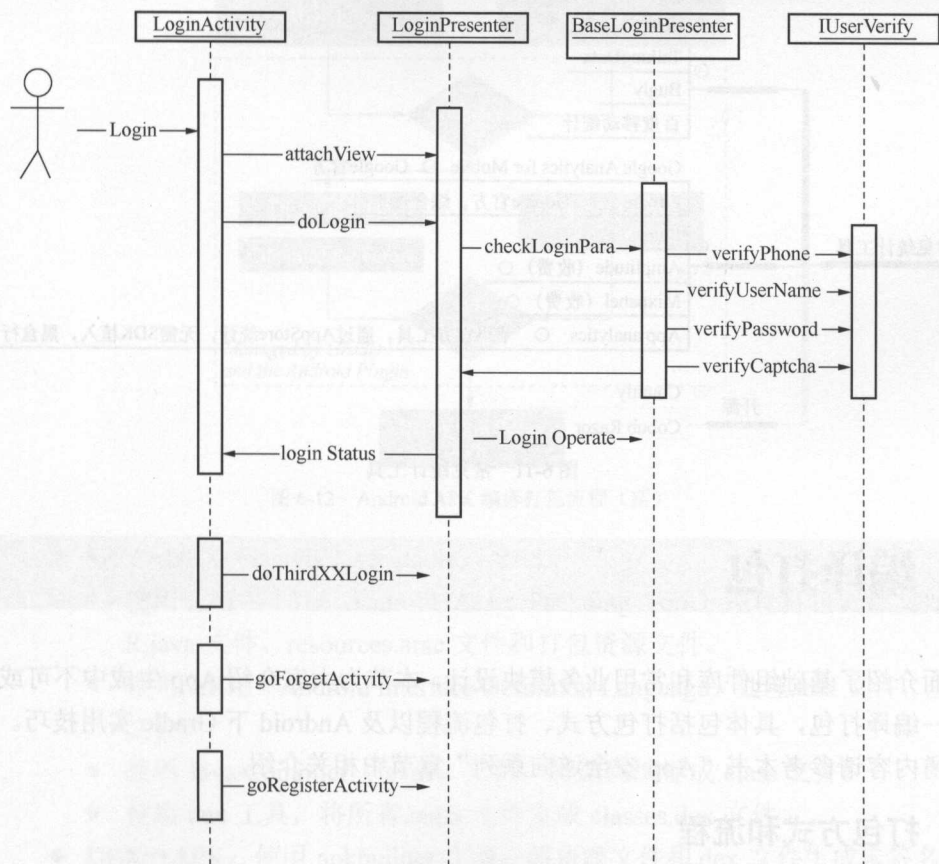


图 6-10 注册登录模块时序图

6.2.3 运营统计模块

一个 App 需要持续推广和持久运作,运营统计模块是不可或缺的。运营统计平台可以采

用第三方平台或者自己搭建，当然，比起直接使用第三方平台自己搭建会多出一定的时间成本和维护成本，但如果关注产品的数据和信息的隐蔽性，还是建议自己搭建。

移动应用数据统计工具按照功能划分为两类：一类是用户行为数据收集工具，可收集新增注册用户数、留存用户数、活跃用户、PV、UV 等数据，代表工具包括友盟、TalkingData、County、Flurry (Yahoo)、Mixpanel、Google Analytics 等；另一类是 App 性能数据收集工具，可收集 App 的崩溃、慢响应等数据，代表工具包括国内的听云以及国外的 ACRA、Fabric (Twitter) 等。笔者整理了常见的统计工具，如图 6-11 所示，如果自己搭建运营统计平台，可以参考其中的一些开源工具。关于 Crash 收集和处理方法，请参考本书“App 质量和稳定性系列”章节相关内容。



图 6-11 常见统计工具

6.3 编译打包

前面介绍了基础组件库和常用业务模块设计，本节为大家介绍 App 生成中不可或缺的一部分——编译打包，具体包括打包方式、打包流程以及 Android 下 Gradle 实用技巧。另外，签名混淆内容请参考本书“App 安全逆向系列”章节中相关介绍。

6.3.1 打包方式和流程

◇ 打包方式

- Android 平台下，可以采用 Android Studio 的图形化界面或者命令行方式（Gradle 或 Ant 等）打包来最终生成 APK。
- iOS 平台下，可以采用 Xcode 的 Archive 功能、iTunes（编译后的 App 文件导入

即可)、手动压缩/脚本压缩(针对编译后的 App 文件)或者命令模式(xcodebuild),最终生成 IPA 文件。

✧ 打包流程

- Android 平台下。图 6-12 是最新的官方打包流程图(图 6-13 是之前旧的打包流程图,更详细和清晰),对于源码级别的深入理解,可以参考罗升阳的“Android 应用程序资源的编译和打包过程分析”,归纳一下,该打包流程分为下面 4 个步骤。

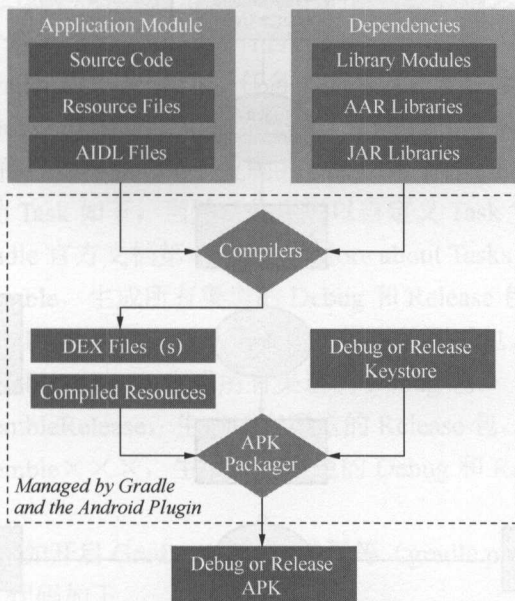


图 6-12 Android APK 编译打包流程 (新)

- ◆ SRC→DEX (Dalvik Executable) /RES。
 - 使用 AAPT (The Android Asset Packing Tool) 编译打包资源文件,生成 R.java 文件、resources.arsc 文件和打包资源文件。
 - 使用 AIDL (Android Interface Definition Language) 处理 .aidl 文件,生成 .java 文件。
 - 使用 Java Compiler (javac) 工具,将源码编译成 .class 文件。
 - 使用 dex 工具,将所有 .class 文件生成 classes.dex 文件。
- ◆ DEX→APK。使用 apkbuilder 工具,将资源文件和 .dex 文件生成未签名的 APK 安装文件。
- ◆ APK sign。使用 Jarsigner 工具,进行 APK 签名 [分为两种:一种是用于调试的 debug.keystore (自动生成);另一种是用于发布的 release.keystore (手动生成)]。
- ◆ APK align。使用 zipalign 工具,将签名后的 APK 进行对齐处理。

- iOS 平台下。相对于 Android 平台，iOS 平台下的打包流程会很费力，主要是涉及开发证书（Certificates、Identifiers、Provisioning Profiles 等）的配置，基本是流程化的，其他都是黑盒化。证书相关基础知识参考“ios-dev-flow”资料，这里不展开讨论。

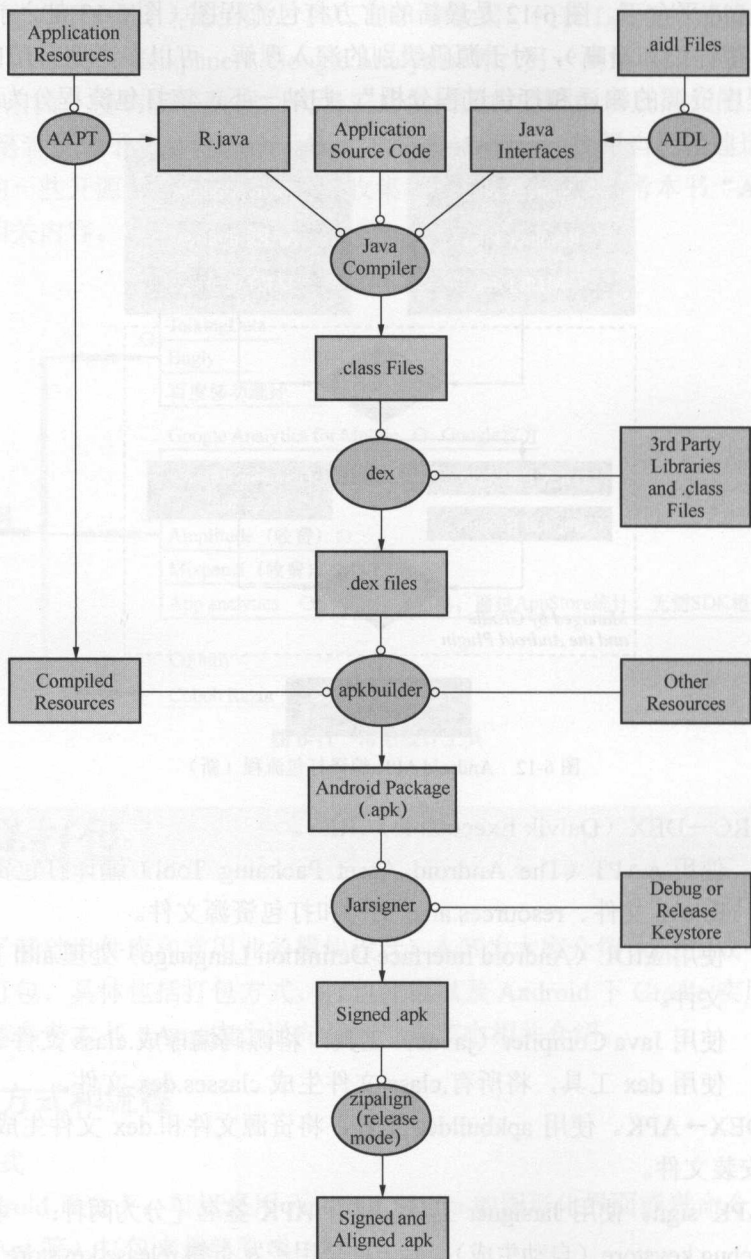


图 6-13 Android APK 编译打包流程（旧）

6.3.2 Gradle 实用技巧

Gradle 是一种基于 Groovy 语法的项目构建工具，其运行在 JVM 上，借鉴了脚本语言诸多特性，兼容 Java，可直接使用 Java 各种类库。Gradle 的相关基础知识和原理请先参阅官方“Gradle User Guide”和 Google 官方的“Gradle Plugin User Guide”，下面是笔者在实际开发中涉及的一些 Gradle 相关实用技巧。

- **Gradle Task。**Task（任务）是 Gradle 中的一个核心概念，每一个声明的任务都可以看作是一个任务对象，可以拥有自己的属性和方法（默认类型是 `DefaultTask`），同 Java 中 `java.lang.Object` 类似。任务之间可以相互依赖，使用关键字 `dependsOn`，还可以通过 `doFirst(closure)` 和 `doLast(closure)` 等在任务执行生命周期中插入具体业务逻辑，常见的任务类型有用于复制的 `Copy`、用于打包的 `Jar`、用于执行的 `JavaExec` 等。最常见的 Task 如下，当然，你还可以自定义 Task 实现，更多关于 Task 的知识请参考 Gradle 官方文档第 19 章的“More about Tasks”。
 - ◆ `gradle assemble`，生成所有渠道的 Debug 和 Release 包。
 - ◆ `gradle assembleAndroidTest`，生成所有渠道的测试包。
 - ◆ `gradle assembleDebug`，生成所有渠道的 Debug 包。
 - ◆ `gradle assembleRelease`，生成所有渠道的 Release 包。
 - ◆ `gradle assembleXXX`，生成某个渠道的 Debug 和 Release 包。
- **Gradle 加速。**
 - ◆ 常规设置。如开启 Gradle daemon 进程等（`gradle.properties` 文件，建议使用全局配置），代码如下。

```
org.gradle.daemon=true // 开启 Gradle 守护进程
org.gradle.jvmargs=-Xmx2048m -XX:MaxPermSize=512m -XX:+HeapDumpOnOutOfMemoryError //JVM 内存
org.gradle.parallel=true // 并行项目执行（多 module 依赖复杂慎用）
org.gradle.configureondemand=true
```

- ◆ 开启增量编译。在对应 module 的 `build.gradle` 文件中，按如下设置。

```
dexOptions {
    incremental true
}
```

- ◆ 屏蔽不需要的 Task。屏蔽不需要的 Task 或特定的 Task，按如下设置。

```
// 屏蔽系统 Task
tasks.whenTaskAdded { task ->
    if (task.name.contains("lint") // 跳过 lint 检查
        || task.name.equals("clean") // 如果 instant run 不生效，把 clean 这行去掉
        || task.name.contains("Aidl") // 如果项目中有用到 aidl，则不可以舍弃这个任务
        || task.name.contains("mockableAndroidJar") // 用不到测试的时候，就可以先关闭
        || task.name.contains("UnitTest")
        || task.name.contains("AndroidTest")
        || task.name.contains("Ndk") // 用不到 NDK 和 JNI 的也关闭掉
        || task.name.contains("Jni")
    ) {
        task.enabled = false
    }
}
```



```

}
// 屏蔽指定 Task XX
gradle.taskGraph.whenReady {
    tasks.each { task ->
        if (task.name.contains("XX")) {
            task.enabled = false
        }
    }
}
}

```

- ◆ 代理设置。在根目录的 `gradle.properties` 中配置，代码如下。

```

systemProp.http.proxyHost=127.0.0.1
systemProp.http.proxyPort=1010
systemProp.https.proxyHost=127.0.0.1
systemProp.https.proxyPort=1010

```

- Google 官方关于 Gradle 加速的 17 条实用建议。

- ◆ 通过 `productFlavors` 设置 build variant，针对不同 product 保留对应的配置信息，加速构建，类似多渠道打包。
- ◆ 避免编译不必要的资源。如 dev 包通过设置 `resConfigs` “en” “xxhdpi”，只使用英文 string 资源和 xxhdpi 的屏幕密度资源，代码如下。

```

productFlavors {
    dev {
        ...
        // The following configuration limits the "dev" flavor to using
        // English stringresources and xxhdpi screen-density resources.
        resConfigs "en", "xxhdpi"
    }
    ...
}

```

- ◆ 配置 debug 构建的 Crashlytics 为 Disable（Crashlytics 为崩溃上报分析工具，Debug 阶段可能并不需要），如果 Debug 期间需要开启 Crashlytics，那也可以设置 `alwaysUpdateBuildId` 为 false，避免每次都更新 ID，代码如下。

```

android {
    ...
    buildTypes {
        debug {
            ext.enableCrashlytics = false
            ext.alwaysUpdateBuildId = false
        }
    }
}

```

- ◆ 用静态的构建配置值来构建你的 Debug 版，避免在 Debug 下使用动态配置（如 version codes, version names, resources 等），类似下面要阐述的版本号/依赖统一管理。
- ◆ 用静态的版本依赖，避免使用 + 号，代码如下。

```

com.android.tools.build:gradle:2.+ // 动态依赖
com.android.tools.build:gradle:2.3.0 // 静态依赖

```

- ◆ 配置 on demand 为 enable 状态，指定 Gradle 仅能配置你想要构建的 Modules。Android Studio 路径为：File→Settings→Build→Compiler→check Configure on demand。

- ◆ 建议使用 library 模块，模块化代码抽离。
- ◆ 当你的构建消耗时间过长时，如果存在较复杂和独立的构建逻辑，考虑将其创建为独立的 Tasks（自定义 Gradle 插件），按需使用。
- ◆ 配置 dexOptions（Android Studio 2.1 新增）和开启 library pre-dexing（DEX 预处理）。两者都是针对 DEX 构建优化，dexOptions 可以配置包括 preDexLibraries、maxProcessCount 和 javaMaxHeapSize，代码如下，更多相关知识可以参考“Faster Android Studio Builds with Dex In Process”。

```
android {
    ...
    dexOptions {
        preDexLibraries true
        maxProcessCount 8
        // Instead of setting the heap size for the DEX process, increase Gradle's
        // heap size to enable dex-in-process. To learn more, read the next section.
        // javaMaxHeapSize "2048m"
    }
}
```

- ◆ 增加 Gradle 堆大小（开启 Dex-in-process）。Dex-in-process 默认允许多个 DEX 进程运行在一个单独的 VM 中，所以可以通过分配足够的内存来开启这个特性（Android Studio 2.1+）。
- ◆ 将图片转换成 WebP 格式，不用在构建时做压缩。WebP 是一种具备 JPEG 类似的有损压缩和 PNG 的透明支持的高压缩质量的图片格式，同时可以减少包 Size，更多介绍参考本书“App 性能优化系列”章节中包 Size 相关内容。
- ◆ 禁止使用 PNG crunching。也是一种禁止构建时默认压缩图片的方法。

```
android {
    ...
    aaptOptions {
        cruncherEnabled false
    }
}
```

- ◆ 使用 Instant Run。
- ◆ 使用构建缓存，Android Gradle 插件 2.3.0+默认开启了构建缓存。
- ◆ 避免使用注解处理器，使用注解处理器时将导致增量构建不可用。
- ◆ Profile your build。这条主要针对那些超级 App（拥有大量自定义构建逻辑等），需要知晓每个阶段/每个 Task 的时间消耗来优化那些耗时逻辑，build profile 的生成通过在 Android Studio 的命令行中操作（View→Tool Windows→Terminal），具体如下。
 - 清除：gradlew clean（Windows）或 ./gradlew clean（Mac）。
 - 构建：gradlew→profile→recompile-scripts→offline→rerun-tasks assembleFlavorDebug（其中，profile 表示开启 profiling；offline 表示禁止 Gradle 获取离线依赖，防止 Gradle 更新数据影响报告；rerun-tasks 表示强制 Gradle 返回所有 Task 并忽略

略任何 Task 的优化; recompile-scripts 表示强制脚本重新编译跳过 cache)。

- 查看: 找到 project-root/build/reports/profile/目录下的 profile_timestamp.html 文件, 在浏览器中打开即可呈现完整时间消耗的构建报告。
- ◆ 项目组件化。请参考本书“App 架构和重构”章节中关于组件化相关内容。
- 多渠道打包。鉴于国内 Android App 应用市场的百花齐放, 多渠道打包是 Gradle 中讨论最早、用得最多的, 其本质是 productFlavors 的使用, 结合占位符与 AndroidManifest 的使用, 可以为不同渠道设置不同包名, 代码如下。另外, 还可以结合脚本实现快速渠道打包, 请参考 packer-ng-plugin 开源项目, 其声称 100 个渠道打包只需要 10s。

```
productFlavors {
    dev {
        applicationIdSuffix ".debug" // 不同包名设置, 便于线上和开发包安装同一手机
    }
    googlepay {}
    qihoo360 {}
    xiaomi {}
    tencent {
        manifestPlaceholders = [UMENG_CHANNEL: "Tencent"] // 结合占位符
    }
}
```

■ Gradle 通用技巧。

- ◆ Log 开关控制。定义动态编译生成对象, 通过 buildConfigField 控制, 然后在 Java 代码中通过 BuildConfig.enableLog 来获取, 代码如下。

```
buildTypes {
    debug {
        buildConfigField("boolean", "enableLog", "true")
    }
    release {
        buildConfigField("boolean", "enableLog", "false")
    }
}
```

- ◆ 版本号/依赖统一管理。建立独立的 gradle (config.gradle), 然后 apply from 进当前 gradle, 通过设置 project.ext, 再通过 rootProject.ext 进行引用, 以下代码为 XKnife-Android 的 global_config.gradle 文件的一部分。

```
ext {

    abortOnLintError = false
    checkLintRelease = false

    android = [compileSdkVersion      : 24,
               buildToolsVersion     : "25.0.2",
               applicationId         : "com.skyseraph.xknife",
               applicationIdUserLogin : "com.skyseraph.xknife.module.userlogin",
               applicationIdLaunch    : "com.skyseraph.xknife.module.launch",
               applicationIdUpgrade   : "com.skyseraph.xknife.module.upgrade",
               minSdkVersion          : 15,
               targetSdkVersion       : 24,
               versionCode             : 1,
```



```

        versionName          : "1.0.0",
        testInstrumentationRunner : "android.support.test.runner.AndroidJUnitRunner"
    }
    ... ..
}

// 使用
applicationId rootProject.ext.android["applicationId"]

```

另外，还可以在 `gradle.properties` 文件中定义一些统一的编译常量（如定义常量 `XX=1`，然后在需要的 `module` 中通过 `project.XX` 引用）。

- ◆ **APK 输出名字定制化。**定制化 APK 输出名字，自动加上版本号、时间等信息，避免手动重命名，代码如下。

```

applicationVariants.all { variant ->
    variant.outputs.each { output ->
        output.outputFile = new File(
            output.outputFile.parent + "/" + "${variant.buildType.name}", "XXX-
            ${variant.buildType.name}-${variant.versionName}-${variant.
            productFlavors[0].name}.apk".toLowerCase()
        )
    }
}

```

- ◆ **构建不同的名称、版本号和 App ID 等，代码如下。**

```

buildTypes {
    debug {
        applicationIdSuffix ".debug"
        versionNameSuffix "-debug"
        resValue "string", "app_name", " XXX (debug) "
    }
    release {
        resValue "string", "app_name", "XXX"
    }
}

```

- ◆ **修改默认的 Build 配置文件名（`settings.gradle` 文件），代码如下。**

```
rootProject.buildFileName = 'xx.gradle'
```

- ◆ **Java 版本设置。**在 Gradle 中设置 Java 版本，代码如下。

```

compileOptions {
    sourceCompatibility JavaVersion.VERSION_1_8
    targetCompatibility JavaVersion.VERSION_1_8
}

```

6.4 版本适配

从入门到精通，从开始到结束，只要你从事这个行业，只要这个行业还生机勃勃，版本适配问题就会永远伴随着你的开发生涯。版本适配的本质是兼容性问题，但由于 OS/SDK 系统版本的不同，最终会导致 App 的使用限制或问题。关于兼容性知识请参考本书“App 质量和稳定性系列”章节中的兼容性测试相关内容，本节仅讨论 App 通用模块中针对版本适配的一些思考和建议。

6.4.1 iOS App 适配

iOS 版本适配中，有两个专业术语：Base SDK 和 Deployment Target。

- Base SDK。当前用来编译 SDK 的版本，一般就是最新的 iOS 版本（Xcode 最新版本），通过 Build Settings→Architecture 查看。
- Deployment Target。这是你的 App 能支持的最低系统版本，如要支持 iOS 6 以上，设置成 iOS 6 即可。

iOS 适配中最基本的方案可以总结为“编译时检查 SDK 版本，运行时检查系统版本”。

Swift 2 中内嵌了可用性检测相关方法，通过 #available 实现可用性检查（编译时检查），代码如下。

```
if #available(iOS10, *) { // 在 iOS 10 中执行的代码，* 通配符来包含其他未指定的平台
    // modern code

} else {
    // Fallback on earlier versions 回滚到旧的版本
}
```

另外，还可以结合 guard 来提高代码的可读性，代码如下。

```
guard #available(iOS 10, *) else { return }
```

还可以用于函数或类开头中，代码如下。

```
@available(iOS 10, *)
private func xxFunc() {
    // ...
}
```

“*efficient-iOS-version-checking*”一文中，作者提供了一些高效实用的 iOS 版本检测方法，建议参阅。

✧ iOS 10 适配

iOS 每次新版本的发布都是团队成员的不眠夜，通常要消耗几天的时间来一一适配和填坑，这里总结一些 iOS 10 适配过程中遇到过的问题清单（iOS 10 Release Time 2016.9.13，从 iOS 6 开始，Apple 都是在每年 9 月发布一个新版本）。

一般来说，适配前，建议阅读一下官方的更新文档，如适配 iOS 10 的话，建议阅读“*What's New in iOS*”，看一下有哪些具体更新，这样比起被动地由 bug 来适配，会显得主动很多，iOS 10 需要适配的关键点如下，大家也可以参阅 iOS10AdaptationTips 这个开源项目，作者从 iOS 9 开始，对适配中遇到的问题都进行了归纳。

- Notification 适配。iOS 10.0(Xcode 8)起，UILocalNotification、UIMutableUserNotificationAction 等 6 个 UIKit 类被废弃了，引入 User Notification framework（通知）和 User Notifications UI framework（通知外观）进行替代。
- ATS。iOS 9 中默认非 HTTPS 的网络是被禁止的，我们也可以把 NSAllowsArbitraryLoads 设置为 YES 禁用 ATS，而 iOS 10 开始，苹果从 2017 年 1 月 1 日起不允许我们通

过这个方法跳过 ATS，也就是说，强制我们用 HTTPS，如果不这样的话，提交 App 可能会被拒绝。

- 隐私数据安全访问问题。访问照相机、通讯录等隐私以及敏感数据之前，你必须请求授权（info.plist 中进行添加 NS**Description 相关 key 和 value 值），否则编译期间直接 Crash，这点与 Android 权限升级类似，看来后面会对权限的管理越来越严格。
- 可以在 Xib 或 Storyboard 中同时使用 AutoresizingMask 和 Autolayout Constraints 布局。
- 企业证书发的包信任选项路径作了修改，新路径为：设置→通用→设备管理→进入你 App 的 profile→单击信任按钮。
- 颜色相关。增加了真彩色显示（根据光感应器来自动地调节，达到特定环境下显示与性能的平衡效果），在 info.plist 里配置 UIWhitePointAdaptivityStyle，涉及 Standard、Reading、Photo、Video 和 Game 5 种取值。新增与 sRGB 相关的两个 API。
 - ◆ UICollectionViewCell 新增 UICollectionViewDataSourcePrefetching，用于异步预加载数据的处理，在滑动中取消或者降低提前加载数据的优先级。
 - ◆ UINavigationController 背景由@ “_UINavigationControllerBackground”，变成了@ “_UIBarBackground”。

6.4.2 Android App 适配

相比 iOS，Android 版本适配更加多样（由于 Android 的开源、不同厂商的定制化，导致极其严重的碎片化）。一般用户手中的版本远远赶不上 Google 官方版本，当然这并不是由用户决定的，而是手机厂商决定的。例如，2016 年 Android N (Nougat) 已经发布（2016.3），但可能很多用户手中的版本都不是 M (Marshmallow, 2015.9)。

每次 Android 版本发布都会导致很多应用未知的 Crash 或不可用，记忆犹新的是 Android M 引入的新的权限管理机制（权限系统终于被重新设计了，运行时授权取代了安装时授权），其核心隐私功能需要权限申请，包括 calendar、camera、contacts、location、phone、sensors、sms、storage 等。那时基本所有应用（targetSdkVersion >= 23）必须立即对应修改发布更新版本（虽然其本身只是啥也不干，并不会崩溃，但返回 0 或 null 可能引起业务代码崩溃），还好，Android APK 的发布远比 iOS 快速，加上热更新等黑科技，似乎也不是太大问题。更多关于权限相关的内容请参考 Google 官方的 permissions 介绍以及 PermissionsDispatcher 等开源库。

Android 中版本适配可以通过 AndroidManifest 中的 minSdkVersion 和 targetSdkVersion 属性来设定最低兼容 API 的级别和最高适用的 API 级别，运行时系统版本检查可以通过如下代码实现。

```
if (Build.VERSION.SDK_INT >= Build.VERSION_CODES.N) {
    //
}
```

◇ Android N 适配

Google 在 2016 年 3 月发布了 Android N (Android 7.0) 版本, 新增了很多新特性, 同上述 iOS 建议, 先参考官方的 What's New。主要特性包括多窗口支持、通知风格改版和强化、Java 8 支持等, 所以关键适配点也就清晰明了了。

- 多窗口风格。这个新功能终于添加了, 终于可以多窗口同屏操作了, 此时你的应用如果存在一些霸占资源的行为, 需要考虑可能引起异常。
- Java 8 支持 (OpenJDK 8 风格)。一些 OpenJDK 8 与 Oracle JDK 的 Java 语言中的差异性可能导致程序异常, 例如 ArrayList 中的私有属性 array 被移除, 这时反射将获取不到了。
- 权限变动。包括 GET_ACCOUNTS 被废弃, 新增 ACTION_OPEN_EXTERNAL_DIRECTORY 权限, JNI 中不允许调用非公有 API, 应用私有目录访问权限控制等 (应用私有目录访问权限控制这点真的很重要, Google 终于意识到这点了, 之前了解某厂某应用会扫描微信聊天图片在自己应用目录下生成缩略图, 不管有没有上传, 当时看了这则消息内心是极其震撼的, 当时就想为什么 Google 对此类访问不做权限限制? 虽然现在还不完美, 通过 FileProvider 还是可以访问, 但至少走出了这一步, 一起期待更美好的明天吧)。

6.5 本章小结

本章为大家介绍了 App 常用模块设计, 包括基础组件库的构建、图片库的封装、常用业务模块的设计以及编译打包、版本适配相关内容, 业务模块部分大家可以参阅笔者的开源项目 XKnife, 结合“App 架构和重构”进行阅读, 编译打包部分可以结合“App 安全逆向系列”中签名混淆相关内容阅读, 下一章为大家介绍 App 架构和重构系列。

第7章

App 架构和重构

App架构和重构

从组件和模块说起

组件化、模块化和插件化

三个概念

App插件化

App组件化

UML基本功

UML工具

常见UML图

UML实例

大话设计模式

六大原则

设计模式总览

设计模式实践

接口设计

API, What and Why

设计原则

安全设计

数据设计

How API

数据量和接口数量思考

版本域名设计

常见架构模式

MVX模式

MVX历史

MVX定义

MVX实践

5种常见的软件架构

常见软件架构

MVX & 软件架构

架构实践

从组件化角度看App架构

重构未眠夜

重构概览

架构重构

代码重构

架构设计够了么

本章小结

推荐资料

本章内容概览

对于开发者来说, 架构设计是软件研发过程中最重要的一环, 正所谓没有图纸, 就建不了房子。本章将与大家一起讨论 App 架构和重构中相关的关键知识和一些比较成熟的架构模式, 要知道, 好的架构是一切美好的开始。IEEE 1471 上定义的架构是, 在组件彼此间与环境间的关系, 引导设计发展原则中体现的系统的基本结构。我所理解的架构, 其实主要是一种思维和方法, 结合一定的技术手段。在具体业务场景下, 不会存在完全一样的模式。

7.1 从组件和模块说起

我们在前一章为大家介绍了 App 基础组件库和常用业务模块设计, 这其实也是一种框架思维, 组件和模块的差异性在哪呢? 这属于软件工程学里面的概念了, 具体如下。

- 模块 (Module), 强调职责, 这是一个可实现的单元, 其核心是内聚和分离, SEI (Software Engineering Institute) 上定义为 “An implementation unit of software that provides a coherent set of responsibilities”。
- 组件 (Component), 也称构件, 强调复用, SEI 上定义为 “The principal computational element and data store that execute in a system”。
- 组件&模块。与模块相比, 组件对依赖性要求更高。可以简单地理解为: 组件是满足可复用的模块。其实两者本质类似, 没有必要刻意去区分。本书中, 我们将模块理解为与业务相关的子功能实现单元, 而组件理解为可复用的 Library, 与业务无关, 两个概念分别对应前一章所阐述的基础组件库和常用业务模块。

7.2 组件化、模块化和插件化

Alan Kay 说过: “如今的大部分软件都非常像埃及金字塔, 由成千上万的石块一个摞一个构成, 没有结构上的集成, 是由暴力强制和成千上万的奴隶完成。” 本节将与大家讨论的就是关于结构上集成的 3 个概念——组件化、模块化和插件化的理解和实践。

7.2.1 3 个概念

Android 应用架构的发展, 经历了原始野蛮式堆积、组件化、模块化以及插件化历程, 这里我们谈谈后 3 者的定义与差异性。

◇ 模块化

- 模块化 (Modular), 维基定义为 “Modular programming is a software design technique

that emphasizes separating the functionality of a program into independent, interchangeable modules, such that each contains everything necessary to execute only one aspect of the desired functionality”。

- 同 7.1 节中模块的概念一致，模块化可以简单理解为：以业务功能为单元的独立模块，如登录模块化就是将登录模块抽离出来作为独立单元模块。

◇ 组件化

- 组件化 (Component-based)，维基定义为 “Component-based software engineering (CBSE), also known as component-based development (CBD), is a branch of software engineering that emphasizes the separation of concerns with respect to the wide-ranging functionality available throughout a given software system. It is a reuse-based approach to defining, implementing and composing loosely coupled independent components into systems. This practice aims to bring about an equally wide-ranging degree of benefits in both the short-term and the long-term for the software itself and for organizations that sponsor such software”。
- 同 7.1 节中组件的概念，组件化实现了与业务无关，以软件复用为核心，达到“即插即用”快速构造应用软件的效果。

◇ 插件化

- 插件化 [Plug-in(computing)]，维基定义为 “In computing, a plug-in (or plugin, add-in, addin, add-on, addon, or extension) is a software component that adds a specific feature to an existing computer program. When a program supports plug-ins, it enables customization. The common examples are the plug-ins used in web browsers to add new features such as search-engines, virus scanners, or the ability to use a new file type such as a new video format. Well-known browser plug-ins include the Adobe Flash Player, the QuickTime Player, and the Java plug-in, which can launch a user-activated Java applet on a web page to its execution on a local Java virtual machine”。

◇ 组件化&模块化&插件化

- 组件化和模块化，核心目的都是为了重用和解耦，没有必要刻意进行区分。冯森林老师 (oasisfeng) 在 MDCC 2016 上分享了一个报告，题为 “From.Containerization.To.Modularity”，Modularity 原为模块化的意思，但业界中文翻译为“回归初心，从容器化到组件化”，笔者认为这里的组件化应该是既包含了组件概念，又包含了模块概念，不过笔者认为硬件领域另外一个词语“模组化”更适合。在本书后面若没有特别说明，模组化或组件化都是泛称的组件化和模块化。
- 插件化。虽然都有化大为小的思想，但与组件化不同，插件化在运行时合并模块，

而组件化是在编译时合并模块。插件化有黑科技的概念，它可以线上更换你手机应用中的代码或模块，实现远程控制。

- 总结一下，组件化是将一个 App 分为若干模块，每个模块都是一个子组件，开发过程中，这些组件可以相互依赖，也可以独立调试，发布时将所有组件以 lib 的方式打包成一个 APK 发布；插件化也是将一个 App 分为若干模块，这些模块分宿主和插件的概念，每个模块都是一个独立的 APK，最终打包时，将宿主 APK 和插件 APK 进行联合打包，运行时再通过宿主 APK 来动态加载插件 APK，实现运行时合并。图 7-1 形象地说明了组件化和插件化的区别。

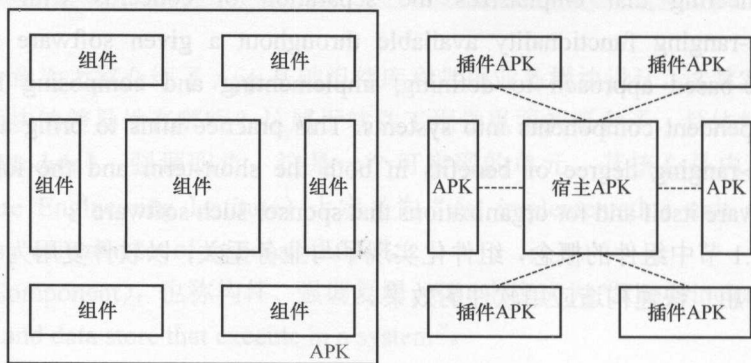


图 7-1 组件化和插件化的区别

7.2.2 App 插件化

App 插件化是最近两年移动端开发非常火热的技术，各种方案和开源框架层出不穷，下面从插件化的最初目的以及业内常见的开源插件化方案汇总进行阐述。

◇ 插件化的目的

- 从研发角度出发，有如下几个目的。
 - ◆ 65536 方法数问题。Android 下，一个 dex 最大方法数是 65536，超过这个数是无法打包成功的，插件化是解决该方法之一，其他还有 MultiDex，请参考本书“App 热门技术”章节中相关内容。
 - ◆ 解耦模块，不同业务组研发兄弟并行开发高效手段之一。
 - ◆ 提高编译速度手段之一，宿主和插件分开编译，避免“天长地久”的等待。
- 从产品的角度出发，有如下几个目的。
 - ◆ 安装包越小，用户下载转换率越高，所以希望产品的安装包越小越好，插件化是实现该目标的手段之一。当然，包 Size 的控制也是研发必须注重的一个性能指标，具体参考本书“App 性能优化系列”章节中包 Size 优化相关内容。

- ◆ 快速更新需要。针对严重 Bug 的修复或者特殊节日插入一些活动板块内容，如果每次都通过发布版本来让用户更新，确实不是一种好的用户体验。插件化可以做到随时上线，线上快速动态热更新是一个不错的方案（少用，Google Play 和 Apple Store 都是禁止的）。

◇ 开源插件化框架

目前业界插件化方案非常多，研究的也非常火热，各个方案实现机制不尽相同，这里对其进行了一个整理，如图 7-2 所示，如果有与自身业务相符合的，大家可以研究一下或直接使用。

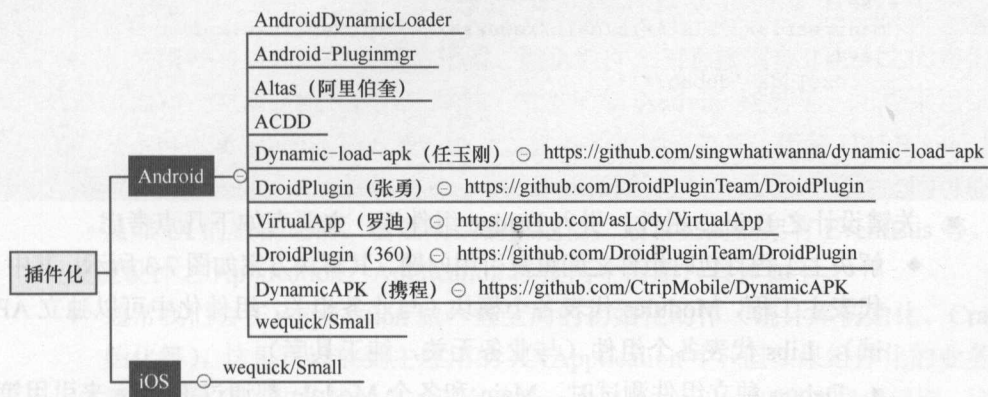


图 7-2 常见开源插件化框架

7.2.3 App 组件化

组件模块化思想其实是软件开发最基本思想之一，App 组件化有多重概念，这里结合了组件化和模块化的概念，下面从组件化的目的以及组件化最佳实践两个方面进行阐述。

◇ 组件化的目的

- 高分离可复用代码模块，解除业务和代码的耦合。
- 组件间彼此分离，便于开发、测试和维护。还便于独立编译及模块测试。

◇ 组件化最佳实践

- Android 中，实现组件化开发的核心点就是通过 Gradle 开关来控制组件的属性，调试时可以作为独立应用运行，配置为 application；与主模块集成发布时作为模块集成，配置为 library，最简单的实现方式是在 gradle.properties 中直接定义一个全局变量 isModuleDebug，业务组件中按需调用。

gradle.properties 文件如下。

```
isModuleDebug = true
```


第7章 App 架构和重构

业务组件的 build.gradle 文件如下。

```
if (isModuleDebug.toBoolean()) {  
    apply plugin: 'com.android.application'  
} else {  
    apply plugin: 'com.android.library'  
}
```

显然, Manifest 也需要提供两套, 我们将其放在业务组件模块的 main 目录下, 定义 debug 和 release 分别存放各自的 AndroidManifest 文件, 然后在 Gradle 中实现切换, 代码如下。

```
sourceSets {  
    main {  
        if (isModuleDebug.toBoolean()) {  
            manifest.srcFile 'src/main/debug/AndroidManifest.xml'  
        } else {  
            manifest.srcFile 'src/main/release/AndroidManifest.xml'  
            java {  
                exclude 'debug/**'  
            }  
        }  
    }  
}
```

- 关键设计之 Bridge 组件。引入 Bridge 组件库, 主要有如下几点考虑。
 - ◆ 解决主工程打包时组件之间重复引用问题。其解决方案如图 7-3 所示, 其中 Main 代表主工程, Modules 代表各个模块 (与业务相关, 组件化中可以独立 APK 测试), Libs 代表各个组件 (与业务无关, 纯工具库)。
 - Debug 独立组件测试时, Main 和各个 Module 都通过 Bridge 来引用第三方库或者 Lib 库。
 - Release 打包发布时, Main 通过 Module 再中转 Bridge 来引用第三方库或者 Lib 库。
 - 核心实现代码如下。主工程 (Main) 中, 通过 isModuleDebug 变量条件 compile, Bridge 中再 compile 第三方库或 Lib 库。

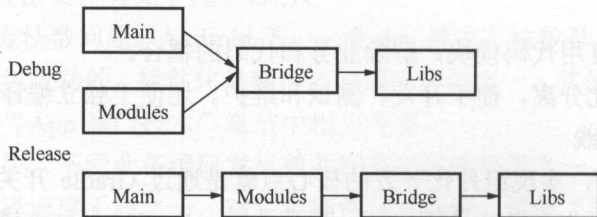


图 7-3 组件化中重复引用问题解决方案

主工程中的 build.gradle 文件如下。

```
if (!isModuleDebug.toBoolean()) {  
    compile project(':module:userlogin')
```

```

    compile project(':module:launch')
} else {
    compile project(':library:bridge')
}

```

Bridge 中的 build.gradle 文件如下。

```

dependencies {
    compile fileTree(dir: 'libs', include: ['*.jar'])
    compile rootProject.ext.dependencies["design"]
    compile rootProject.ext.dependencies["appcompat-v7"]
    // ....

    compile project(':library:utils')
    compile project(':library:resource')
    // ...
}

```

- ◆ 作为组件与组件之间的通信桥梁，避免组件之间直接耦合。组件之间通信有多方面：一方面是组件间 UI 跳转，常见的如 Activity 跳转等，可以采用隐式跳转，自定义 scheme 等方式，也可以借鉴开源第三方库，借鉴 URLRouter 思想，例如 ARouter、ActivityRouter、AndRouter 等；另一方面，组件之间可能还涉及非 UI 的数据通信，需要用到消息通信，最常见的框架有 EventBus 等。
- 关键设计之 Application。Application 涉及两个问题，具体如下。
 - ◆ 通常我们会在 Application 做一些全局的初始化动作（统计库初始化、Crash 初始化等），这里可以放到主应用的 XXApplication 中，但如果组件化的业务中也需要这种全局初始化动作，那么涉及一个 Application 初始化同步问题，这里提供两种解决思路。
 - 我们可以通过上述 Bridge 组件来统一调用（建议以类名方式）或者以反射的方式遍历所有继承自 Application 的相关类来一一完成初始化。
 - 专门建立一个 App init 的组件来优雅地控制初始化，这对于拥有复杂业务的超级应用非常实用，各个业务模块可以并行完成初始化，也可以设置优先级依赖，实现起来比较简单，大家可以参阅一下 init 这个开源库。
 - ◆ 一般我们喜欢用((XXApplication)getApplication())这种代码，如果业务组件中存在这样的代码，那正式打包时会出现类型强转异常，因为 debug 和 release 下两者获取的 Application 并不是同一个类的对象，大家尽量规避一下。另外，也可以在 gradle 中通过 isModuleDebug 动态设置变量信息 IsApplication，再在代码中通过 BuildConfig 获取该变量值，判断后再执行 Application 相关强转操作，代码如下。

```
buildConfigField 'boolean', 'IsApplication', isModuleDebug.toBoolean() ? 'true' : 'false'
```

- 资源 ID 重复。通过给各个子业务组件 Gradle 文件中设置 resourcePrefix，防止合并多个模块时出现资源 ID 引用冲突问题，代码如下。

```
resourcePrefix "userlogin_"
```

- 编译速度。大型 App 都面临一个问题，就是编译速度的问题，组件化下，如何配置 Gradle，如何提高编译速度，请参考本书“App 常用模块设计”中编译打包相关内容。
- 未知问题。组件化虽然不像插件化，会直接对代码或者系统产生影响，但组件化可能与一些现有的第三方开源库或方案存在某种兼容性问题。例如，如果你的项目业务组件中用到了 databinding，可能会遇到一些未知的坑，如 databinding 中 get ViewModel 无效，大家可以参考《项目组件化之遇到的坑》这篇文章，作者概括了自己组件化过程中使用第三方库等方面遇到的一些“坑”^[1]。但是技术是不断前进的，无须太多思考，大家抱着遇坑填坑的心态即可。
- 图 7-4 所示为组件化项目 Xknife 的结构，采用组件化思想，library 文件夹下是一些公共库文件以及 Bridge 组件，module 文件夹下是与业务相关的组件模块。

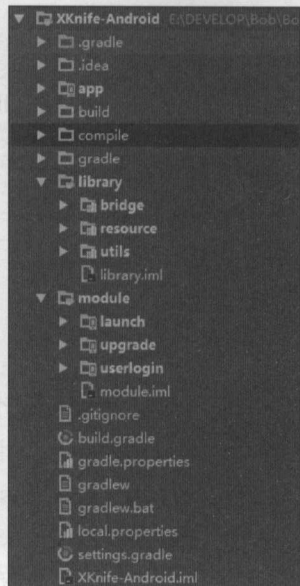


图 7-4 组件化项目 Xknife 的结构

7.3 UML 基本功

UML (Unified Modeling Language) 是统一建模语言，由 OMG (Object Management Group, 对象管理组织) 于 1997 年首次发布，可以简单理解为一种可视化的面向对象的建模语言，用来描述系统的静态结构和动态行为，以图形化方式表现典型的面向对象系统的结构。使用 UML 建模可以帮助我们更好地构建、分析、理解、展现和表达软件行为，是架构师最基本的技能和工具之一。虽然关于 UML 有用无用的讨论就如“××语言是世界上最好语言”一样，一直存在争论，但不可否认，在我们的软件生涯中，UML 一直从未离弃。

7.3.1 UML 工具

目前，UML 工具非常多，数量达到 100+，众多工具也各具特色。UMLChina 上有一篇实时更新的文章《UML 相关工具一览》^[2]，荟萃了目前业界的一些常见 UML 工具，如果希望做选择，大家可以详细了解一下，建议无须过多纠结，因为工具仅仅是工具。

就我个人来说，这些年使用了 StartUML、Visio、Violet UML Editor、Enterprise Architect、Gliffy 等，目前来说，主要使用的是 Enterprise Architect 和 Gliffy。

7.3.2 常见 UML 图

笔者从结构型和行为型两个方面整理了一下常见的 UML 图，如图 7-5 所示。实际开发设计中主要用的是类图、时序图和用例图，下面对这 3 种图简单阐述一下。

- 类图 (Class Diagram)。类本身是对象的集合，类图描述的是对象的结构与系统交互行为，主要由属性和方法组成。类与类之间的关系有 6 种，如图 7-6 所示，各种关系概述如下。



图 7-5 UML 图分类

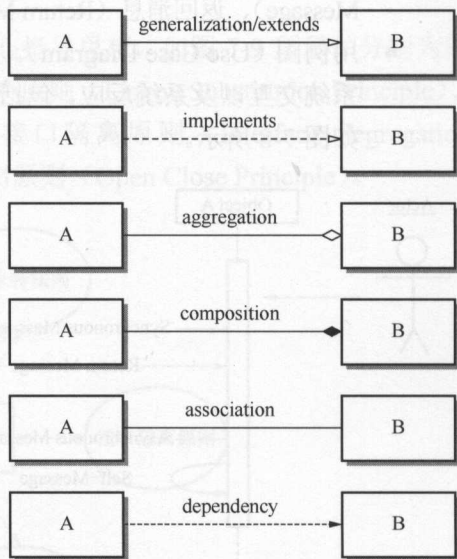


图 7-6 UML 类关系图

- ◆ 泛化关系 (generalization/extends)。用一条带空心箭头的直线表示，代码中，泛化关系表现为类与类之间的继承关系（非抽象类），类与接口的实现关系。
- ◆ 实现关系 (implements)。用一条带空心箭头的虚线表示，代码中，实现关系表现为继承抽象类。
- ◆ 聚合关系 (aggregation)。用一条带空心菱形箭头的直线表示，代码中，用于表示实体对象之间的关系，表示整体由部分构成的语义。
- ◆ 组合关系 (composition)。用一条带实心菱形箭头的直线表示，代码中，用于表示一种强依赖的特殊聚合关系，如果整体不存在了，则部分也不存在了。
- ◆ 关联关系 (association)。用一条直线表示，代码中，通常是以成员变量的形式实现的。
- ◆ 依赖关系 (dependency)。用一条带箭头的虚线表示，是一种弱的关联关系，代码中，依赖关系体现为类构造方法及类方法的传入参数，箭头的指向为调用关系。需要注意避免双向依赖。

组合&聚合。两者都表示整体由部分构成的语义，组合是一种强依赖的特殊聚合关系，如果整体不存在了，则部分也不存在了。比较通俗的例子就是公司和部门、公司和员工的关系，前者为组合关系，后者为聚合关系，公司不存在了，部门也就不存在了，但员工还在。

- 时序图 (Sequence Diagram)。时序图是用来显示对象之间交互关系的图，对象以时间为序排列。时序图中显示的是参与交互的对象及其对象之间消息交互的顺序，涉及角色 (Actor)、对象 (Object)、生命线 (Lifeline)、控制焦点 (Focus of Control) 和消息 (Message) 等元素，其中消息包括同步消息/调用消息 (Synchronous Message)、异步消息 (Asynchronous Message)、返回消息 (Return Message) 和自关联消息 (Self-Message)，如图 7-7 所示。
- 用例图 (Use Case Diagram)。用例图用来描述用例中角色和系统之间的关系、角色与系统交互以及系统反应，包括 Extends (扩展关系) 和 Include (包含关系) 两种关系，如图 7-8 所示。

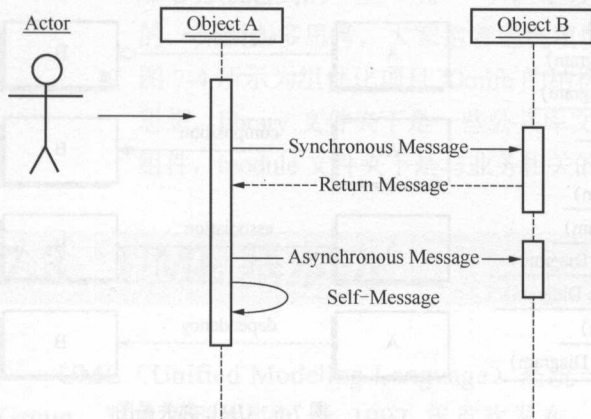


图 7-7 UML 时序图

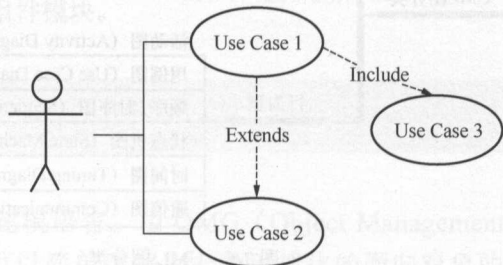


图 7-8 UML 用例图

7.3.3 UML 实例

- 当你的工作中承担一定设计或 Leader 或架构职责时，用到 UML 各种图应该是家常便饭了。限于篇幅，具体实践这里就不讲了，大家可以参考笔者之前发表过的一篇文章《Appuim 源码剖析(Bootstrap)》^[3]，里面涉及了类图、时序图等。

7.4 大话设计模式

K_Eckel 在《设计模式精解——GOF23 种设计模式解析》^[4]一书中说道：“懂了设计模式，你就懂了面向对象分析和设计 (OOA/D) 的纲要，反之好像也可能成立。道可道，非常道。

道不远人，设计模式亦然如此。”“道可道，非常道”非常适合描述设计模式。

设计模式不是一种纯粹的空理论，也并非脱离实际的教条，而是一种思想，一种指导软件行为的思想模式，是针对特定场景下特定问题的可重复、可表达的解决方案，不限于面向对象编程，不限于软件设计阶段，甚至不限于软件开发领域。作为架构师，需要接受设计模式思想的洗礼和熏陶，将其与自己的思想进行融会贯通，在软件开发设计中很自然地运用，这才是设计模式的本质。

7.4.1 六大原则

设计模式中有六大基本原则，这是设计模式的核心指导思想，如图 7-9 所示，分别为单一职责原则（Single Responsibility Principle）、里氏替换原则（Liskov Substitution Principle）、依赖倒置原则（Dependence Inversion Principle）、接口隔离原则（Interface Segregation Principle）、迪米特法则（Law of Demeter）和开放封闭原则（Open Close Principle）。

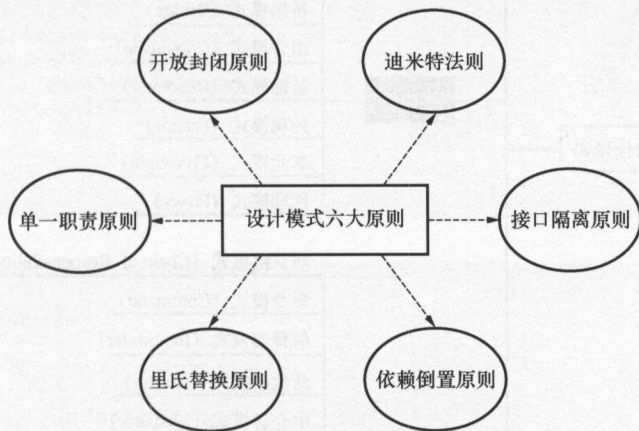


图 7-9 设计模式六大原则

单一职责原则要求我们实现类要职责单一；里氏替换原则要求我们不要破坏继承体系；依赖倒置原则要求我们要面向接口编程；接口隔离原则要求我们在设计接口的时候要精简单一；迪米特法则要求我们要降低耦合；开放封闭原则要求我们要对扩展开放，对修改关闭。

六大原则的遵循，其实并不是是和否的零和博弈，而是多与少的问题，时刻记得将这个思想贯穿在你的实际编码过程中，但是也要注意不要刻意和过度，“物极必反，过犹不及”，把握合理使用和灵活应用即可。

7.4.2 设计模式总览

一般来说，设计模式可以从创建型（与对象创建相关）、结构型（处理类与对象的组合）

和行为型（类与对象交互和职责分配）3 个方面分为 24 种，如图 7-10 所示。这里不与大家探讨每一种设计模式的具体实现和应用，相关资料太多，下面推荐一些不错的资料供大家参阅，包括本节前面提到的 K_Eckel 的《设计模式精解——GOF23 种设计模式解析》^[4]，大师级书籍《设计模式精解》^[5]和《设计模式：可复用面向对象软件的基础》^[6]，基于 Android 源码场景的《Android 源码设计模式解析与实战》^[7]，以及本节标题的来源《大话设计模式》^[8]等。



图 7-10 设计模式总览

7.4.3 设计模式实践

对于设计模式在 App 中如何使用的问题，上面介绍的资料基本都覆盖了，这里想结合组件化思想与大家分享一点心得。具体为结合泛型和模板设计，将可能的设计模式组件化，成

为自己的一种积累，当然并非所有的设计模式都那么容易模块化抽离，也没有必要去刻意为之，对设计模式过于痴情和滥用是最为不该的，就用雷老板的一句话——“开心就好”，实用就好。例如，针对最常用的单例模式，笔者的组件库中是这样写的：一种是基于懒汉式+`synchronized`，用容器进行存储；另一种是以抽象类呈现，代码如下。

```
public class Singleton<T> {

    private static final ConcurrentMap<Class, Object> INSTANCES_MAP = new ConcurrentHashMap<>();

    private Singleton() {
    }

    public static <T> T getSingleton(Class<T> type) {
        Object ob = INSTANCES_MAP.get(type);
        try {
            if (ob == null) {
                synchronized (INSTANCES_MAP) {
                    ob = type.newInstance();
                    INSTANCES_MAP.put(type, ob);
                }
            }
        } catch (InstantiationException e) {
            e.printStackTrace();
        } catch (IllegalAccessException e) {
            e.printStackTrace();
        }
        return (T) ob;
    }
}
```

```
public abstract class SingletonBase<T> {

    private T instance;

    protected abstract T newInstance();

    public final T getInstance() {
        if (instance == null) {
            synchronized (SingletonBase.class) {
                if (instance == null) {
                    instance = newInstance();
                }
            }
        }
        return instance;
    }
}
```

7.5 接口设计

或许你会认为，接口是由服务端设计提供的，我们 App 前端可以不用考虑。但先抛开架构师这一职责，即使你只是一个普通的 App 工程师，接口设计能力也是必需的。从程序的角

度，面向对象设计最大的原则是接口设计，接口设计定义好了，不管自身的维护，还是后续的扩展，都是极其便利的。本节我们主要是阐述 App 前端与后台 Server 之间的接口设计，更进一步，如果你的 App 是作为 SDK 提供给第三方接入，下面大部分设计原则也同样适合。

7.5.1 API, What and Why

API (Application Programming Interface) 是应用程序接口，可以将 API 看作是一种契约。App API 就是 App 前端与后台 Server 之间的一种约定、一种通信、一种请求及响应的协议。

那我们是不是简单定义一堆接口就可以了呢？为什么还要设计 API 呢？这根本就没有必要，你错了，曾经看过这样一句话——“思考 API 就是思考公司未来”，虽然有点夸张，却很真实。项目一开始，如果没有把 API 接口定义好，便不利于扩展，设计会不合理，导致各种不稳定，安全性不高，这些都可能导致你前期工作价值的重新评估，是的，费时费力，甚至白做了，这就是我们在项目一开始时就考虑 API 设计的根本原因。

7.5.2 How API

那么，具体该如何设计 App API 呢？本节与大家一起从设计原则、安全设计、数据设计等几个方面探讨 API 设计实践。

✧ 设计原则

- 关于命名。接口/参数命名需面向具体业务场景，名称要清晰，见名知义，容易记忆。
- 接口功能。职责清晰，功能单一，专“人”专职，一个接口只负责一件事，不要做顺带的事，接口之间尽量不耦合。
- 接口参数。
 - ◆ 参数数量尽可能少（否则，简单的两个相同类型的参数顺序差错都可能浪费太多宝贵的调试时间），如果实在太多，那就用 Object 封装（专业术语 DO/DTO 对象）。
 - ◆ 同一个接口有多种参数类型时，若超过 3 种，建议使用 Builder 模式。
 - ◆ 接口参数记得要校验，一定要校验，适当抛出异常。
- 接口返回/同步异步。尽量采用同步接口代替异步接口，适当使用回调参数，在多种返回情形下，适当进行封装，特定业务场景下最好返回状态码，避免单一回传结果。
- 最后，设计模式六大原则牢记于心。

✧ 安全设计

- 接口设计中，安全是不可回避的问题，一般来说，有下述 3 种设计方案（安全加固等方式不在此讨论，更多关于加密的介绍请参阅本书“App 常用模块设计”章

节中相关内容)。

- ◆ **HTTPS**。我们可以将敏感信息接口采用 HTTPS 协议 (HTTP 的基础上添加 SSL 安全协议, 能自动对数据进行压缩加密, 可以在一定程度上防监听、劫持、重发等), 但缺点是需要 CA 证书和交费, 金融相关应用一般会采取这种方法。
- ◆ **接口签名设计**。在传统的 token 验证基础上, 增加签名算法和 AppKey 验证。图 7-11 所示是笔者以前负责的一个 NFC 相关项目的简单接口加密和签名流程图。
- ◆ **无密码登录**。这是现在很多 App 采用的方式, 通过手机号+验证码登录, 相对来说, 安全性有足够的保障。

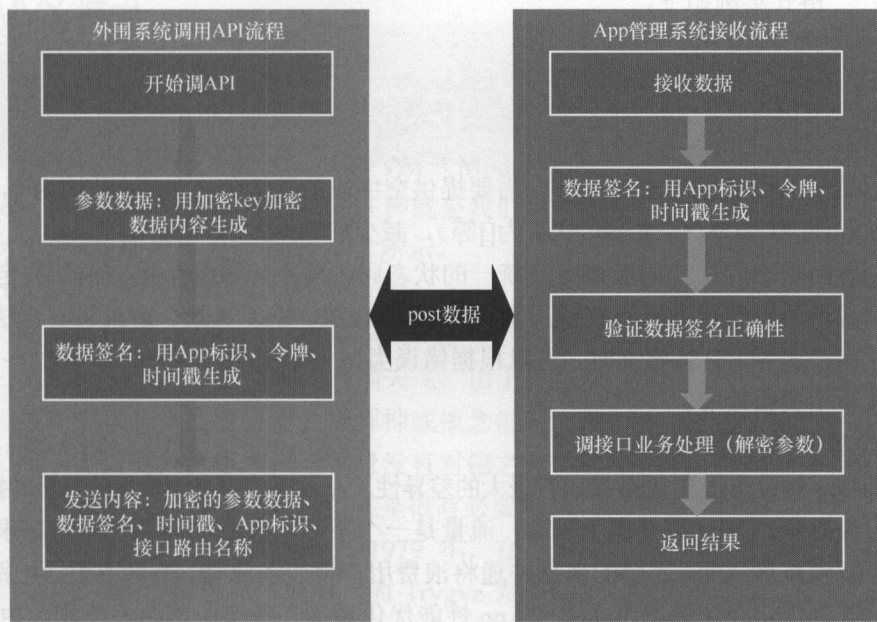


图 7-11 接口加密和签名设计流程

◇ 数据设计

- 数据方面, 建议使用 RESTful 风格的 API 设计, 具体包括协议 (HTTP)、域名、版本、状态码、请求方法、错误码等, 大家可以参阅 *Principles of good RESTful API Design* 和《RESTful API 设计指南》。
- 请求路径。在 RESTful 风格的 API 中, 每个路径都代表着互联网中的一个资源, 所以 URL 中用名词, 如 `https://api.xxx.com/v2/users`。
- 请求方法。
 - ◆ 一些通用型参数, 如版本号、token 等放在 HTTP 请求头中, POST 传递。

- ◆ HTTP 请求方法 GET（查询）、POST（增加）、PUT（更新完整资源）、PATCH（更新部分资源）和 DELETE（删除）。

- ◆ 现在 App 中基本都需要分页获取数据，请求方法设计时注意预留分页参数。

- 数据传输。

- ◆ Request。使用 JSON 格式进行传输，JSON 的值只有 6 种类型，分别为 Number（整数或浮点数）、String（字符串）、Boolean、Array([])、Object({})、Null（空类型），不要肆意地增加其他类型。

- ◆ Response。使用 JSON 格式传输数据，响应格式应该统一，方便前端做统一的处理，尤其是数据字段，应该统一放在一个 MAP 里面，一个通用的全局响应格式实例如下。

```
{
  code: 0, // 返回码
  message: "msg", // 描述信息
  data: [{}, {}, {}, ...], // 数据, List 或 Object
  time: 'time' // 时间戳
}
```

注意，如果返回数据为空，服务端需要提供空字段的默认值（如 int 默认为 0，String 默认为“”，Object 默认为{}，Array 默认为[]等），减少前端漏检。

- 返回状态码。全局应该定义统一的状态码，而不应该每个接口单独去定义，一些常见的错误状态码有普通异常、token 不合法、重复登录、请求头不合法、数据解密错误等。具体定义时，可以根据错误类型划分使用区域段，如 1001~1010 为登录相关错误等。

◇ 数据量和接口数量思考

- App 接口与传统 Web 接口有极大的差异性，App 接口中必须考虑数据量和接口数量。
- 数据量。App 运行在手机端，流量是一个不可不考虑的问题，这就要求我们接口做到按需返回，冗余的数据传递将浪费用户宝贵的流量，不可不思。更多关于 App 流量优化介绍请参考本书“App 性能优化系列”章节中网络性能相关内容。
- 接口数量。App 中，一般要求一个页面对应一个接口，纵然可能存在多个不同业务，也会建议进行接口合并（关于接口合并请参考本书“App 性能优化系列”章节中网络性能请求合并相关内容），这当然主要是从请求效率和流量双方面考虑的，接口设计时也要考虑提供接口的数量，思考是否有合并的可能。

◇ 版本域名设计

- 接口总会因为适应数据变化、参数变化或接口废弃等各种不可抗拒原因而必须同步修改变更，这就涉及接口版本管理。一般我们会将版本号直接放到 URL 中，如 <https://api.xxx.com/v2/>，也有将版本号放入 HTTP 请求头中的。除此之外，我们还可以为重要的接口设计单独的版本信息，添加 version 参数，每个接口都拥有自己

独立的版本，如此可以很好地兼容旧版本，便于维护。

- 关于域名，建议尽量部署到专属域名下，以便于维护，如 <https://api.xxx.com/>，xxx 即你的专属身份，可以试着换成 github 查看一下。

7.6 常见架构模式

“山自高兮水自深，百花落尽春无尽”。本节与大家一起探讨常见的软件架构模式，包括 UI 表现层架构模式 MVX、5 种常见的系统架构以及从组件化角度来看 App 架构。

7.6.1 MVX 模式

MVX，其中 X 泛指 C—Controller、P—Presenter、VM—View-Model，具体为 MVC (Model View Controller，模型-视图-控制器)，MVP (Model View Presenter，模型-视图-表示器) 和 MVVM (Model View View-Model，模型-视图-视图模型)，这 3 种就是我们现在经常看到或讨论的 UI 架构模式，如图 7-12 所示。

✧ MVX 历史

- 随着近些年 MVP/MVVM 在 Android 上的火热，如今各种 MVX 的文章已经满天飞，由于各自业务场景以及开发者自身的理解抑或概念混乱，演绎了无数变异的版本，这本身没有对错之分，但演绎或参演之前，了解历史还是很有必要的。
- MVC。MVC 概念最早源于 1979 年，在 Xerox PARC (帕洛阿尔托研究所) 的 Trygve 发表的论文 *Model-View-Controller (MVC)* 中，Model 表示知识 (单独对象或对象的结构)，View 是 Model 的可见表示，Controller 为用户与系统之间的链接。
- MVP。MVP 概念最早源于 1996 年，Taligent 公司 CTO Mike Potel 发表的论文 *MVP: Model-View-Presenter The Taligent Programming Model for C++ and Java* 中，这是现在演绎最多的一个模式，而在当时的论文里，仅仅比 MVC 多规定了 Controller 中的一些概念，Presenter 就是一种 Controller。
- MVVM。MVVM 概念最早源于 2005 年，微软架构师 John Gossman 在 WPF 的 XAML 模式推出的同时，提出 “introduction-to-modelviewviewmodel-pattern-for-building-wpf-apps/”，当时鉴于标记语言的应用，MVC/MVP 模式已经无法很好地胜任，所

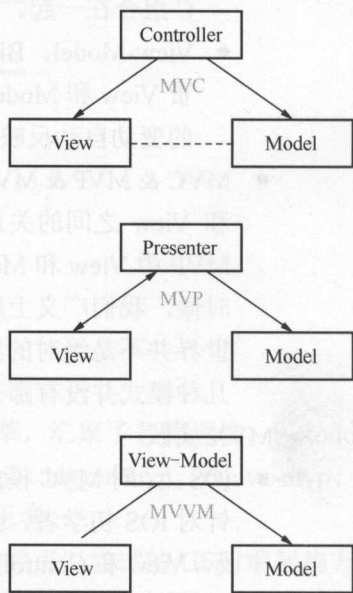


图 7-12 MVX 模式

以引入了 MVVM，可以说 MVVM 就是为 WPF 设计而诞生的。

◇ MVX 定义

- MVX 模式主要是用来解决业务逻辑和 UI 视图之间耦合的，用来分离 UI 层与业务层。应用软件上，UI 视图呈现存在三大问题，分别为 State（UI 界面数据呈现状态及变化）、Logic（UI 界面用户操作逻辑）和 Synchronization（UI 与 UI 元素之间的数据交互，UI 与业务组件/模块之间的交互等）。
- MVX。
 - ◆ Model。用于业务数据封装存储以及对数据的处理方法（数据模型和业务逻辑）。
 - ◆ View。用户界面，用于数据展示。主动 MVC 下，通过订阅/监视 M 事件完成数据刷新；被动 MVC 下，通过 C 负责通知 V 实现刷新。
 - ◆ Controller。是 M 与 C 的连接（桥梁），用于控制应用程序流程。
 - ◆ Presenter。是 M 与 C 之间的桥梁，执行 Controller 的功能，同时将对应的 M 和 C 组合在一起。
 - ◆ View-Model。Binder 模式，对 View 进行抽象，对外暴露公共属性和接口，负责 View 和 Model 之间的信息转换，和 View 是双向绑定（data-binding），View 的变动自动反映在 View-Model 中。
- MVC & MVP & MVVM。3 种模式相同点是都拥有 Model 和 View，不同点是 Model 和 View 之间的关系（或者说交互操作）。例如，MVC 和 MVP 最主要的区别是 MVP 中 View 和 Model 不直接交互，而是通过 Presenter 来实现间接交互。更多的时候，我们广义上所讨论的 MVC 其实是 MVX，即一种视图和模型分离的框架。世界并不是绝对的黑白两面，中间最大的一块其实是灰色地带，实际开发中，这几种模式并没有那么明显的边界，没有必要过多地去纠结用哪种模式。

◇ MVX 实践

- iOS 上，对 MVC 模式天然支持得非常完美，其 SDK 本身就提供各种 ViewController。针对 iOS 初学者，斯坦福公开课上对 iOS MVC 有非常清晰的阐述，如图 7-13 所示，View 和 Controller 之间可以通过委托机制（delegate）、数据源机制（data source）、目标动作机制（target-action）实现通信；Controller 和 Model 之间可以通过广播机制（Notification）、KVO 机制（Key-Value Observing）来通信。
- Android 上，结论性地阐述——其对 MVC 支持并不好。Android 中的 Activity/Fragment 本身是作为一种 Controller 存在，其首要职责是加载应用的布局和初始化用户界面，接受并处理来自用户的操作请求，进而作出响应，随着界面及其逻辑的复杂度不断提升，Activity 类的职责不断增加，以致很容易变得庞大甚至臃肿。Android 中的 Activity/Fragment 往往是 View 和 Controller 的混合体。所以，近几年，Android 上关于 MVP、MVVM 的各种文章铺天盖地。笔者整理了最主要的几个 MVX 开

源项目，如图 7-14 所示，MVP 的具体实践大家参考本书“App 常用模块设计”中登录注册业务模块。

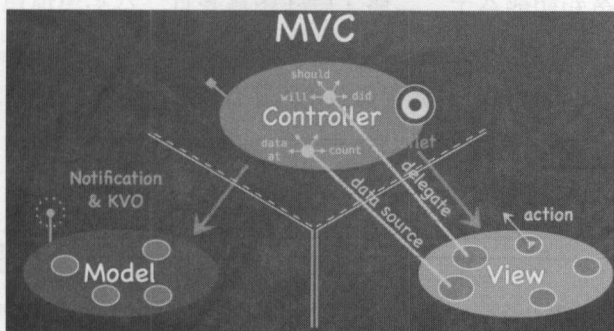


图 7-13 iOS MVC 模式（斯坦福公开课）



图 7-14 MVX 开源项目

- ◆ **android-architecture**。Google 官方 Demo，经典集萃，汇聚了各路思维，以 todo 项目为蓝本，提供了基于 clean-mvp、loaders-mvp、dagger-mvp、rxjava-mvp、mvvm 等诸多实例，值得仔细阅读，深深借鉴和思考。
- ◆ MVX 之外，Facebook 提供的 AndroidFlux 也是一种可以尝试的 UI 前端架构方案，拥有良好的文档和更具体的设计，比较适合于快速开发实现。

7.6.2 常见软件架构

软件架构（Software Architecture）就是软件的基本结构。Mark Richards 在 O'Reilly 上分享了免费电子书 *Software Architecture Patterns*，55 页，详细介绍了 5 种常用的软件架构，下面针对该书总结的 5 种软件架构进行简单概括及延伸。

◇ 5 种常见的软件架构

- **分层架构（Layered Architecture）**。最通用最常见架构，也叫 N 层架构模式（n-tier

architecture pattern)。

- ◆ 分层架构中，组件被划分成不同层，每个层代表一个模块或功能，拥有特定清晰的角色和职能分工，一般4层结构最常见，分为表现层（presentation，用户界面）、业务层（business，业务逻辑）、持久层（persistence，数据提供）和数据库层（database，数据存储），如图7-15所示。

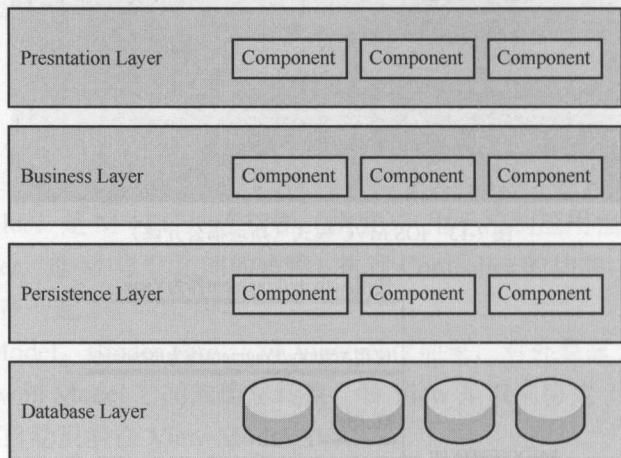


图 7-15 分层架构

- ◆ 分层架构中，一个重要特征是分离，层与层之间是隔离的，某层内容的改变不会影响到其他层，层与层之间的细节互不知晓，每层都可以独立测试，新增或变更维护方便，但也意味着该模式用户请求必须经过每一层后才能抵达最后层。当然，你可以在业务层和持久层之间增加服务层（server），针对不同业务逻辑封装通用接口。
- 事件驱动架构（Event-Driven Architecture）。一种流行的分布式异步架构模式，基于事件进行通信，高度解耦，易于扩展和部署，适用性广泛，但在开发和测试方面不太方便，常用于设计高度可拓展的应用，如图7-16所示。
- 微内核架构（Microkernel Architecture）。又称插件架构（plug-in architecture），主要功能和业务逻辑都通过插件实现，对于基于产品的应用程序来说，这是一个很自然的选择（如 Eclipse IDE）。微内核架构包含核心系统（core system）和插件模块（plug-in component）两种组件，核心系统通常只包含系统运行的最小功能，插件则是互相独立的，如图7-17所示。
- 微服务架构（Microservices Architecture）。每个组件都作为一个独立单元进行部署，这些单元通过远程通信协议（比如 REST、SOAP）联系，应用和组件之间高度解耦，使得部署更为简单。最通用、最流行的微服务架构有 RESTful API 模式、RESTful Application 模式和集中消息模式3种。微服务架构如图7-18所示。

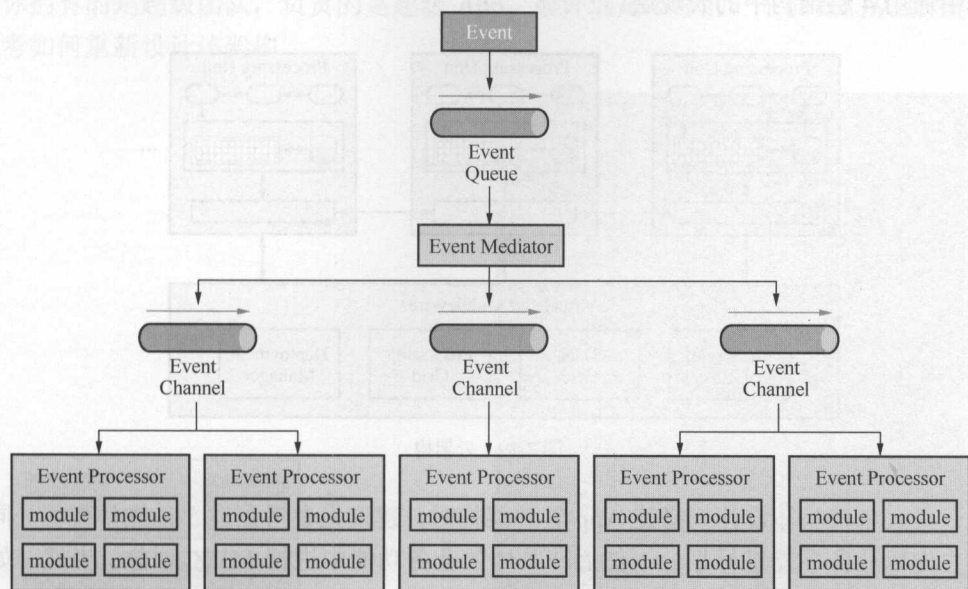


图 7-16 事件驱动架构

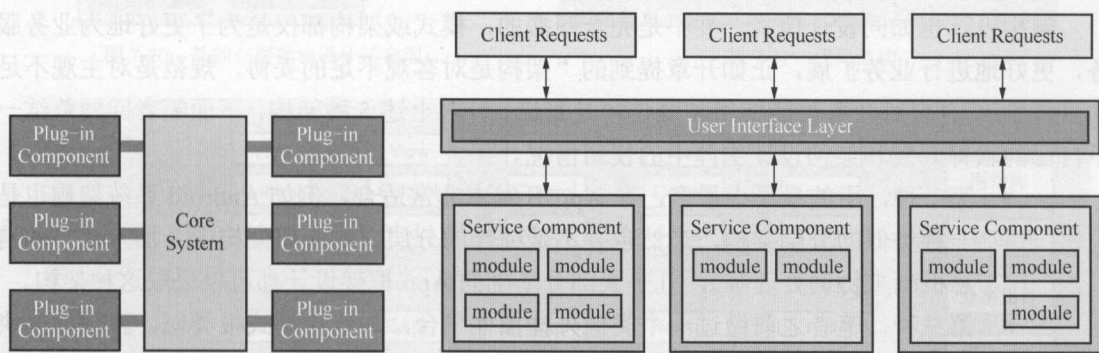


图 7-17 微内核架构

图 7-18 微服务架构

- 基于空间的架构（Space-Based Architecture）。也称云架构（Cloud Architecture），其主要目的是解决规模和并发的问題，不存在中央数据库，使用可复制的内存数据单元，扩展极其方便。云架构模式分为处理单元（Processing Unit）和虚拟中间件（Virtualized Middleware）两部分，如图 7-19 所示。

◇ MVX & 软件架构

有开发者说道：“我们的 App 基于 MVX 架构……”其实这里面有一个很大的误区，MVX 和软件架构其实是完全不同的概念，MVX 是一种表现层的架构（Presentation Pattern），不适合作为系统框架，而我们所说的软件架构是指体系架构。以分层架构为例，MVX 相当于分

层架构中通用 4 层结构中的表现层。

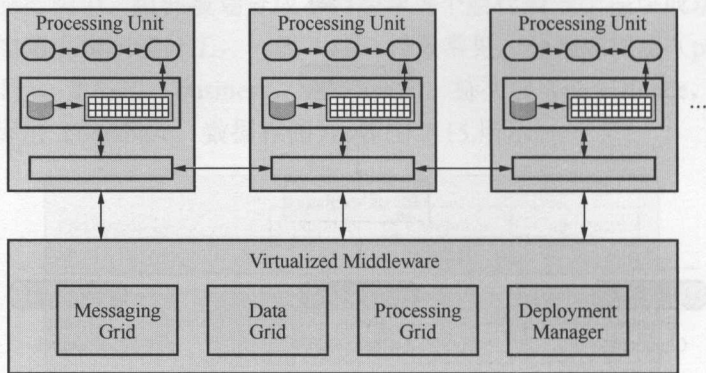


图 7-19 云架构

所以，大家在具体设计或搭建 App 软件架构时，建议先参考上述 5 种软件架构，同时在目录上也先以业务功能进行划分，然后在具体的业务功能中进行 MVX 划分。当然，如果具体业务功能可以组件化抽离是最好的。

◇ 架构实践

架构设计也如同设计模式，并不是完全照搬的，模式或架构都仅是为了更好地为业务服务，更好地进行业务扩展，正如开章提到的“架构是对客观不足的妥协，规范是对主观不足的妥协”，结合自身业务灵活使用和变化才是真谛。针对上述 5 种架构，下面笔者回顾总结一下自己的软件开发和架构设计生涯中的使用情况。

- 第一种，用的最早也最多，在 App 开发中非常适合，例如 Android 系统架构也是一种类似的分层架构，当然也并不是纯粹的分层（如应用架构中会加入统一的消息机制来协调处理等），几乎大部分基础的 App 框架设计都可以采取这种架构。
- 第三种，笔者之前做过一个类似外挂插件平台，与这种模式很类似，新功能模块都是以插件方式为基础，核心系统/内核提供运行环境，插件之间解耦。有类似涉及功能插件化的业务可以借鉴这种架构。
- 第二/四种，笔者最近参与的一个云测项目与之类似，分布式架构，基于 REST 分发 Task，基于 RPC 通信，每个手机都是一个独立的单元。有类似需要涉及分布式部署业务的可借鉴这种架构。

7.6.3 从组件化角度看 App 架构

本节从笔者曾经参与的一个中小型项目的架构设计来看组件化后 App 架构的设计，如图 7-20~图 7-22 所示，图 7-20 是基础分层架构设计示意图，图 7-21 是代码结构，图 7-22 是详细架构图。这个项目主要采取了分层和模块化思想，对于中小型项目来说也还不错。但

如果你拥有的是超级团队，负责的是超级 App，或许这是不够的，下面我们从组件化的角度来思考如何重新设计该架构。

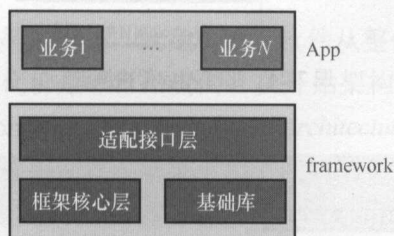


图 7-20 基础分层架构设计示意图

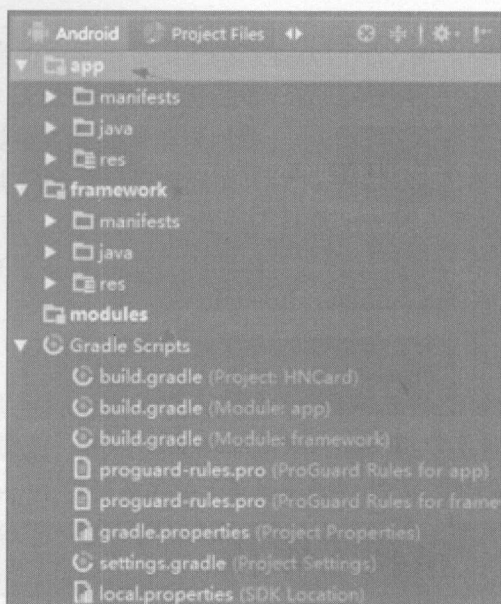


图 7-21 代码结构

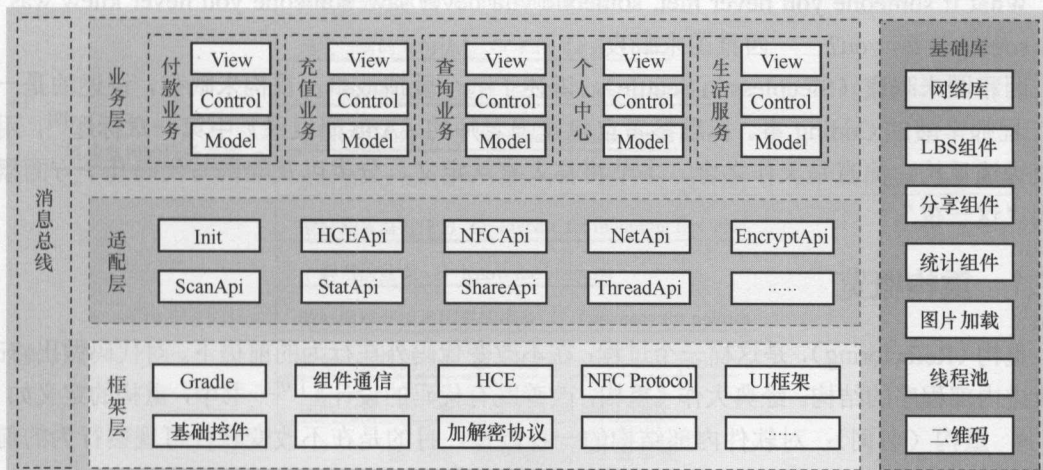


图 7-22 App 架构设计图

图 7-23 所示为组件化的 App 架构设计图（之前采用的是 Enterprise Architect，现在还是习惯轻量化的 Gliffy，所以颜色视觉存在差异），核心思想还是前面介绍的组件化思想，组件库抽离，业务模块独立，通过 Bridge 完成模块之间的基础通信，复杂业务交互用消息总线交互。

另外,图 7-24 是笔者之前整理的部分业内 App 架构演进相关介绍,大家可以研读借鉴一下。

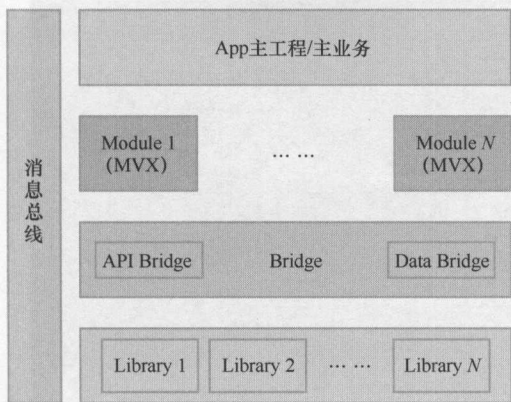


图 7-23 组件化 App 架构图

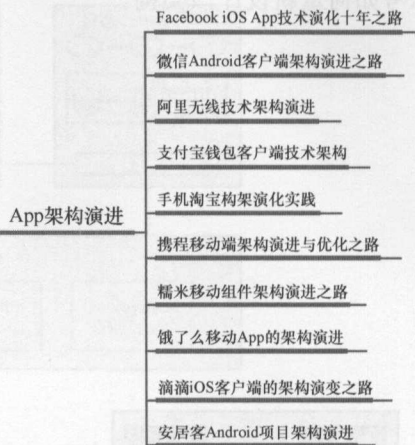


图 7-24 业内 App 架构演进

7.7 重构未眠夜

What if someone you never met, someone you never saw, someone you never knew was the only someone for you?——西雅图未眠夜

西雅图未眠夜 (Sleepless in Seattle), 讲述了一个爱情故事; 重构未眠夜, 讲述的是一个 IT 工程师辛酸的 Coding 事。标题参考自包建强老师的《App 研发录》中第一章标题^[9], 用未眠夜描述重构, 简直是天作之合。本节将与大家从定义、分类以及架构与代码几个方面概述重构“这一夜”。

7.7.1 重构概览

重构 (Refactoring), 是这样一个过程: 在不改变代码外在行为的前提下, 对代码做出修改, 以改进内部程序的结构。经典大作《重构: 改善既有代码的设计》^[10]一书中, 重构的定义如下。

- 重构 (名词): 对软件内部结构的一种调整, 目的是在不改变软件可观察行为的前提下, 提高其可理解性, 降低其修改成本。
- 重构 (动词): 使用一系列重构手法, 在不改变软件可观察行为的前提下, 调整其结构。

重构的最终目的是提高代码质量, 更好地适应业务发展, 以及重复利用已有的开发成果。正所谓“长痛不如短痛”, 当你的代码或 App 在可读、可维护和可扩展上让你困惑, 甚至付出比实际开发工作还大的代价时, 该考虑重构了。

◇ 重构分类

简单来说, 重构的内容部分, 分为架构和代码, 即 Re-Architecting 和 Re-Coding 或 Architect refactoring 和 Code refactoring。

- 架构上, 随着业务的不断发展, 当初的架构往往面临着各种问题, 如无法满足客户的需求、无法实现应用的扩展、无法实现新的特性等, 在这些情况下, 作为架构师或开发者, 将要开始考虑通过架构重构来解决问题。
- 代码上, 可能由于种种原因, 先前代码存在结构混乱 (代码无层次堆积, 各种代码风格杂交, 强耦合等)、可读性差 (超长函数, 代码不规范不一致, 冗余代码, 运算逻辑难以理解等) 等问题, 在这些情况下, 我们需要对代码进行重构。

7.7.2 架构重构

架构重构, 就是对现有软件从整体框架上进行更改、修正或更新, 相当于是动一次大手术, 代价是非常昂贵的。在开始架构重构之旅前, 建议大家研读一下 Uber 技术主管 Raffi Krikorian 在 *O'Reilly Software Architecture Conference* 上谈及的关于架构重构的 12 条重构军规^[11], 非常实用, 笔者规整了一下, 如图 7-25 所示。

架构重构的12条军规	明确重构的目的和必要性 ○ Hold the line
	定义“重构完成”的界限 ○ Define “Done”
	持续渐进式重构 ○ Incrementalism
	确定当前的架构状态 ○ Find the start lime
	不要忽略数据的重要性 ○ Don't ignore the data
	管理好技术债务 ○ Manage tech debt better
	远离那些虚华的东西 (例如使用“热门”的技术栈) ○ Stay away from vanity stuff
	做好准备面对压力 ○ Prepare for mounting tensions
	了解当前业务 ○ Know the business
	做好面对非技术因素的准备 ○ Get ready for politics
	时刻注意代码质量 ○ Keep an eye on code quality
	团队一致, 做好准备 ○ Get the team ready

图 7-25 架构重构的 12 条军规

App 架构重构具体实践时, 大家先参读 Raffi 的 12 条军规, 然后需要熟悉 App 中常用架构和模式 (参考本书其他小节), 同时对已有架构的缺陷和不足进行思考总结, 根据具体业务场景选择适合的架构, 利用组件化思维, 尽早分包分模块, 其间还会涉及目录和资源整理、功能模块分离、公共资源和工具类的抽离模块化、开源库的重新评估等, 采取渐进持续重构,

由底而上，测试支持。

7.7.3 代码重构

代码重构，一言以蔽之，就是在不改变外部行为的前提下，有条不紊地改善代码，对软件代码做任何更动以增加可读性或者简化结构而不影响输出结果。

代码重构的目标是改进程序内部质量，例如增加代码可读性，简化代码结构，增强可维护性、性能或扩展性。我们可以将重构作为改进代码质量的手段，持续运用在软件开发过程中。实践而言，对照如图 7-26 所示的 Bad Smells in Code^[10]进行思考，或许你的代码质量将会有很大提升。

Bad Smells in Code	重复代码 Duplicate Code	Extract Method/Class
	过长函数 Long Method	打算写注释时，可以考虑将其用途命名新函数了
	过大的类 Large Class	Extract Class/Subclass
	过长参数列 Long Parameter List	Replace Parameter With Method
	发散式变化 Divergent Change	某个类经常因为不同的原因在不同的方向上发生变化 Extract Class
	霰弹式修改 Shotgun Surgery	一个类变化引发多个类相应变化 Move Method/Field
	依恋情结 Feature Envy	函数对某个类的兴趣高过对自己所处类的兴趣
	数据泥团 Data Clumps	两个类中相同的字段、许多函数签名中相同的参数
	基本类型偏执 Private Obsession	缩小对象
	Switch Statements	Switch 带来重复，少用 switch（或 case）语句
	平行继承体系 Parallel Inheritance Hierarchies	当为某个类增加一个子类，必须也为另一个类相应增加一个子类
	冗赘类 Lazy Class	
	Speculative Generality	函数或类的唯一用户是测试用例
	Temporary Field	某个实例变量仅为某种特定情况而设 Extract Class
	Message Chains	过度耦合的消息链 Hide Delegate
	Middle Men	过度运用委托，过多中间人，Remove Middle Men，直接和真正负责的对象打交道
	Inappropriate Intimacy	两个类关系过于密切，一个类过于关注另一个类的成员
	Alternative Classes With Different Interfaces	异曲同工类 不同类或函数做着相同的事
	Incomplete Library Class	类库设计不可能全面，没有未卜先知的能力， 尝试 Introduce Foreign Method/Introduce Local Extension
	纯数据类 Data Class	仅拥有一些字段，以及用于访问（读写）这些字段的函数， 除此之外一无长物，尝试 Remove Setting Method/Extract Method
	Refused Bequest	如果子类不想继承父类的一些函数或数据，重新考虑一下这些函数是否在正确位置 如果子类不想继承父类的接口，只是使用了父类的一些行为，考虑 Replace Inheritance with Delegation
	Comments	当你感觉需要撰写注释时，请先尝试重构，试着让所有注释都变得多余。 代码过于复杂，Extract Method；如果还需要注释来解释其行为，试试 Rename Method

图 7-26 Bad Smells in Code

代码重构这块的读物和资料非常多，建议大家研读《重构：改善既有代码的设计》^[10]，*31 Days Refactoring*（可结合《圣殿骑士 31 天重构学习笔记》^[12]），“Google's Clean Code Talks”等。笔者结合《重构：改善既有代码的设计》整理了函数、数据、对象传递、条件表达式、函数调用和继承关系几大方面常见代码重构 Tips，如图 7-27 所示。

代码重构	函数篇	Extract Method提取函数 将大函数按模块拆分成几个小的函数
		Inline Method内联函数 将微不足道的小函数进行整合
		Inline Temp内联临时变量 将一些函数使用临时变量替代
		Replac Temp with Query以查询取代临时变量 将一些临时变量使用函数替代
		Introduce Explaining Variable引入解释性变量 将复杂的表达式拆分成多个变量
		Split Temporary Variable分解临时变量 单一职责，一心不可二用
		Remove Assignments to Parameters移除对参数的赋值 不对函数传递进来的参数赋值 C#中带out参数除外
		Replace Method with Method Object以函数对象取代函数 拥有太多临时变量的大型函数中用Extract Object代替Extract Method
		Substitute Algorithm替换算法
		Self Encapsulate Field自封装值域
数据篇	数据篇	Replace Data Value with Object以对象取代数据值
		Change Value to Reference将实值对象改为引用对象
		Change Reference to Value将引用对象改为实值对象
		Replace Array with Object以对象取代数组
		Duplicate Observed Data复制“被监视数据”
		Change Unidirectional Association to Bidirectional将单向关联改为双向
		Change Bidirectional Association to Unidirectional将双向关联改为单向
		Replace Magic Number with Symbolic Constant以符号常量/字面常量取代魔法数
		Encapsulate Field封装值域
		Encapsulate Collection封装群集
对象传递	对象传递	Replace Record with Data Class以数据类取代记录
		Replace Type Code with Class以类取代代码
		Replace Type Code with Subclasses以子类取代代码
		Replace Type Code with State/Strategy以State/Strategy取代代码
		Replace Subclass with Fields以值域取代子类
		Move Method方法迁移
		Move Field搬移字段
		Extract Class提炼类
		Inline Class类的内联化
		Hide Delegate隐藏“委托关系”
条件表达式	条件表达式	Remove Middle Man移除中间人
		Introduce Foreign Method引入处加函数
		Introduce Local Extension引入本地扩展
		Decompose Conditional分解条件式
		Consolidate Conditional Expression合并条件式
		Consolidate Duplicate Conditional Fragments合并重复的条件片段
		Remove Control Flag移除控制标记
		Replace Nested Conditional with Guard Clauses以卫语句取代嵌套条件式
		Replace Conditional with Polymorphism以多态取代条件式
		Introduce Null Object引入Null对象
函数调用	函数调用	Introduce Assertin引入断言
		Rename Method重新命名函数
		Add Parameter添加参数
		Remove Parameter移除参数
		Separate Query from Modifier将查询函数和修改函数分离
		Parameterize Method令函数携带参数
		Replace Parameter with Explicit Methods以明确函数取代参数
		Preserve Whole Object保持对象完整
		Replace Parameter with Method以函数取代参数
		Introduce Parameter Object引入参数对象
继承关系	继承关系	Remove Setting Method移除设置值函数
		Hide Method隐藏你的函数
		Replace Constructor with Factory Method以工厂方法取代构造函数
		Encapsulate Downcast封装“向下转型”动作
		Replace Error Code with Exception以异常取代错误码
		Replace Exception with Test以测试取代异常
		Pull Up Field值域上移
		Pull Up Method函数上移
		Pull Up Constructor Body构造函数本体上移
		Push Down Method函数下移
函数调用	函数调用	Push Down Field值域下移
		Extract Subclass提炼子类
		Extract Superclass提炼超类
		Extract Interface提炼接口
		Collapse Hierarchy折叠继承体系
		Form Template Method塑造模板函数
		Replac Inheritance with Delegation以委托取代继承
		Replac Delegation with Inheritance以继承取代委托

图 7-27 代码重构 Tips

7.8 架构设计够了么

我们设计一个架构时，需要考虑很多方面，当我们千辛万苦在架构上反复设计、反复修改、反复思量时，是否忘却了为什么出发？最初的梦想是什么？听过很多道理，却依然过不好这一生（韩寒《后会无期》），没有相同的人生，人生充满未知，必须去经历，去挫折，去感受。架构设计也是如此，没有完美的架构，只有适合的架构，没有满足一切的架构，只有满足业务目的的架构，切记不要为了架构而架构，赶时髦，生搬硬套。

什么是适合的架构，这个无法评判，一千个人心中有一千个哈姆雷特，各家业务不同，合适标准必然各异，但有一点是可以肯定的，好的架构一定是高内聚（Cohesion）、低耦合（Coupling）的，如果能跟堆积木一样，无论完整交付还是部分交付都能随心所欲，这才是我们的追求。是的，无论是面向对象系统中的封装、继承和多态，还是设计模式、分层架构，都是为了这个目标，永远记住高内聚、低耦合才是我们架构设计追求的标准。

架构是一种思维模式的体现，是我们面对代码的意志表达。

7.9 本章小结

本章为大家阐述了 App 架构和重构，涉及组件、模块、组件化和模块化相关概念和实践，UML 和设计模式相关知识，以及接口设计，架构和代码重构，最后还为大家介绍了常见的架构模式及结合组件化探讨架构设计。没有最完美的架构，只有最适合的架构，适合自己的才是最好的，所有知识、基础和经验仅可作为思路借鉴，不可生搬硬套，正所谓无招胜有招，无为而有为也就是这个道理，框架设计的最高境界就是忘记所谓的架构，心里想着的只是业务和产品。下一章将为大家介绍 App 质量和稳定性。

7.10 推荐资料

- [1] 项目组件化之遇到的坑。
- [2] UML 相关工具一览。
- [3] Appuim 源码剖析（Bootstrap）。
- [4] K_Eckel. 设计模式精解——GOF23 种设计模式解析。
- [5] Alan Shalloway, James R. Trott. 设计模式精解。

第8章

App 质量和稳定性系列

App质量和稳定性系列



本章内容概览

没有质量，一切都是负数！——牛根生

用户都期许高品质的应用，自家的应用要获得长期成功（具体体现在安装量、用户评分和评论、参与度和用户留存等方面），应用质量和稳定性起着关键作用。Edward R. Tufte 说过：“再好的设计也无法拯救低质量的内容。”即所谓“铸造辉煌，唯有质量”，质量和稳定才是 App 的生命。本章将介绍 App 质量和稳定性相关知识和处理方法，具体从质量标准和稳定性指标介绍出发，然后讨论常用的质量和稳定性方法手段，再专场谈论 Crash（收集、统计和分析处理）和测试。

8.1 质量标准和稳定性指标

在开始 App 质量和稳定性系列章节之前，本小节为大家普及一下应用的核心质量和稳定性衡量指标两个核心概念。

8.1.1 应用的核心质量

质量标准是产品生产、检验和评定质量的技术依据。产品质量特性一般以定量表示，例如强度、硬度、化学成分等；所谓标准，指的是衡量某一事物或某项工作应该达到的水平、尺度和必须遵守的规定。而规定产品质量特性应达到的技术要求，称为“产品质量标准”（百度百科）。

服务类产品中一般用 SLA（Service-Level Agreement）作为衡量产品服务等级的量化指标，而移动 App 有着自己独特的运行环境和应用场景，移动 App 的核心质量需要关注稳定、用户体验、性能等多方面，具体到产品，需要根据业务制定对应的量化指标，例如 App 的 Crash 率就是衡量 App 稳定性的一个重要的数据指标。

Google Android 官方提供了一套应用核心质量的质量标准，让我们的 App 在发布之前参考这些标准进行测试，确保在众多的设备上正常稳定运行，满足 Android 导航和设计标准，并为 Google Play 商店开展推广做好准备（当然，具体我们的 App 测试范围远不止这些，Android 官方提供的只是 App 应具备的基本质量特征，更多测试参考本章的质量和稳定性手段以及测试专场中的详细讨论）。Google 官方的标准^[15]具体分为以下 4 个部分。

- 视觉设计和用户互动，提供一致、直观的用户体验。
- 功能，遵循这些标准确保你的应用使用合适的权限级别，提供预期功能行为。
- 性能和稳定性，遵循这些标准确保你的应用提供用户预期的性能、稳定性和响应速度。
- Google Play，遵循这些标准确保你的应用做好在 Google Play 发布的准备。

实施质量标准的目的是通过对业务数据的量化与衡量来保证服务的质量，通过质量标准的衡量来推动业务质量的逐渐优化和完善。具体到我们自家的 App，根据业务的不同，我们需要制定不同的质量标准，只要记得遵循时刻以产品业务发展为核心，同时在不同阶段（前期/中期/后期）根据业务做对应的调整即可。

8.1.2 稳定性衡量指标

稳定的产品是用户留存（留住用户）的第一道阀门，所以稳定性是质量体系中最基本、最关键的一环。如何去衡量一个产品或者一个版本的稳定性呢？这里我们分成两块，一块是产品的稳定性，另一块是版本的稳定性，而产品的稳定性其实就是一系列版本稳定性综合而

成，所以最终稳定性的衡量指标具体就是一个版本稳定性衡量的指标。

稳定性衡量指标如图 8-1 所示，可以概括分为错误/崩溃和性能两大部分，性能部分在本书的“App 性能优化系列”相关章节中有详细的阐述，本节仅讨论错误/崩溃部分。错误/崩溃部分具体可以分为崩溃率、崩溃 Top、崩溃次数和网络错误率等几个指标，具体如下。

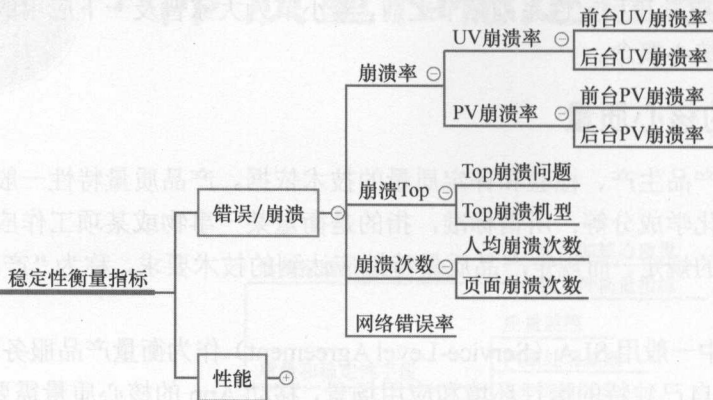


图 8-1 稳定性衡量指标

■ 崩溃

- ◆ 崩溃可以直观地认为是 App 挂掉了，当然这种挂掉可以是用户可见的，也可以是用户不可见的，相关词语有闪退等。
- ◆ 根据听云的《2015 中国移动应用性能管理白皮书》，整体来说，iOS 应用的崩溃率远远高于 Android，大概是 Android 应用平均崩溃率的 7 倍，主要原因在于版本更新策略、语言/架构等；从数据上来看，Android 版本中，崩溃率最高的版本是 2.3.x，而 iOS 崩溃率最高的版本是 iOS 7.x.x。

■ 崩溃率

- ◆ 崩溃率是基于统计的经验值，通过平均值的计算和 App 的历史记录来衡量一个产品/App 的稳定性指标。崩溃率由 UV 崩溃率和 PV 崩溃率组成，而两者分别包括前台 UV/PV 崩溃率和后台 UV/PV 崩溃率。
- ◆ UV 崩溃率是针对用户使用量的统计，统计一段时间内所有用户中发生崩溃的用户占比，与 UV 强相关，可以用来作为衡量稳定性的指标之一，如式 8-1 所示。

$$\text{UV崩溃率} = \text{日活跃用户中崩溃用户数} / \text{日活跃用户数} \quad (8-1)$$

- ◆ PV 崩溃率是针对用户使用频率的统计，统计一段时间内所有用户的启动次数中发生崩溃的占比，与 PV 强相关，可以用来作为衡量稳定性的指标之一，如式 8-2 所示。

$$\text{PV崩溃率} = (\text{一段时间}) \text{所有用户崩溃总数} / \text{所有用户使用总次数} \quad (8-2)$$

- ◆ 我们在取崩溃率的经验值时需要注意两点：第一点是在不同时期，随着用户量、

UV 和 PV 的不同, 该经验值需要跟随修改; 第二点是该经验值在发布的不同版本, 例如在 release 版本和灰度版本就不应该一视同仁、相同处理, 因为很明显, 在灰度版本中, 一般 PV 的值要远大于 release 版本, 且灰度版本中机器比 release 版本中相对要集中。

■ 崩溃 Top

- ◆ 崩溃 Top 可以分为 Top 崩溃问题和 Top 崩溃机型两种, 前者针对问题, 是主观因素; 后者针对物理机器, 是客观因素。
- ◆ Top 崩溃问题定义为: 在一个版本中, 存在某个问题或某些问题在崩溃统计中占比非常高的问题, 这些问题是最需要被关注的, 必须拥有最高优先级, 最早被执行和处理, 所以可以把 Top 崩溃问题列为稳定性衡量指标之一。
- ◆ Top 崩溃问题也需要分两种情况: 一种是基于历史的统计, 一般是在历史版本中反复迭代遗留下来的, 不容易很好地复现或解决, 如果随着时间的推移和版本的更新有明显下降的趋势, 那“这类问题可以定义为与 OS 版本或手机厂商 OS 定制或手机厂商硬件 (特别是 Android 机) 强相关”。还有一种是基于版本的统计, 特别是针对新版本中的新问题, 这类 Top 崩溃率往往在整个历史统计中可能占比并不大, 但在某个新版本中占比极高, 那这类问题也需要特别关照了。
- ◆ Top 崩溃机型其实可以归结到 Top 崩溃问题中, 属于上述 Top 崩溃问题中第一种基于历史的统计, 与特定机型和特定机型的特定 OS 版本强相关, 可以列为稳定性衡量指标之一。

■ 崩溃次数

- ◆ 崩溃次数可以从两个维度进行标识, 一个是人均崩溃次数, 另一个是页面崩溃次数。
- ◆ 人均崩溃次数可以理解为一个用户一定时间 (一天) 的崩溃次数, 也可以理解成一个用户使用 App 的崩溃次数, 与 UV 强相关, 可以用来作为衡量稳定性的指标。当人均崩溃次数达到一定级别 (某个经验值) 时, 可以认为该版本的稳定性不符合要求, 可以要求下线或强更新。
- ◆ 页面崩溃次数是针对 App 页面出现的崩溃次数进行的统计, 与 PV 强相关, 可以用来作为衡量稳定性的指标之一。

■ 网络错误率

各种与网络通信相关的错误都可以归为网络错误, 常见的包括网络异常、HTTP 错误等。网络错误率可以定义为一定时间内网络请求次数与网络错误次数的一个比值, 也是一个基于统计的均值, 与 UV 和 PV 相关, 可以将该值作为衡量 App 稳定性的指标之一。

最后, 概括一点, 任何稳定都是相对的, 用哲学的话来说就是“稳定是相对的, 不稳定是绝对的”。根据历史经验, 任何一个版本, 当用户基数达到一定数量时, 稳定的版本的崩溃

率会向一个固定值靠近，而不稳定的版本的崩溃率一般会持续上升。

说明：上述 PV、UV 等概念可参考本书“项、产、设、运‘四天王’”相关章节内容。

8.2 质量和稳定性手段

上节介绍了 App 质量标准和稳定性指标两个核心概念，本节将为大家介绍质量和稳定性具体实施方法，从问题发现、问题定位分析到问题止损解决，具体包括质量监控、问题处理原则、App 持续集成以及代码质量的监测。

8.2.1 质量监控

在移动互联网时代，唯快不破，以“快”为核心，在快速迭代的开发的压力下，我们该如何有效把控产品质量，如何有效发现、定位和解决问题，如何让 App 产品质量做到可视、可控，这就是本节我们要讨论的质量监控问题。

一套完美的质量监控至少依次包括基本验证，稳定性、兼容性和安全性测试，功能测试以及线上质量监测，如图 8-2 所示，下面逐一详细讲解。

■ 基本验证

基本验证指对一个 App 产品最基本的通用性的功能验证，具体包括 APK 相关、安装相关、账号相关以及代码质量。

- ◆ **APK 相关。**主要包括对应用的包名、签名、是否混淆以及版本号等基本信息进行一个验证。包名、签名和版本号信息很简单，混淆部分需要先对 APK 进行解压缩，然后进行反编译，看代码是否混淆，混淆相关内容在本书的“App 安全逆向系列”相关章节中有详细阐述。
- ◆ **安装相关。**主要包括对应用进行一些基本的安装和启动操作，包括安装/卸载/覆盖安装/升级/启动/退出等，这里如果包名或签名等信息不匹配，那么覆盖安装和升级都会失败。
- ◆ **账号相关。**现在几乎所有应用都有账号体系，我们需要对其进行验证，具体包括注册/登录/退出/重复注册/多账号登录/多机同时登录等账号相关的基本功能是否成功，这里的多机同时登录需看应用的具体场景而定，没有统一标准，例如微信/QQ 等应用就不允许同一个账号在不同手机同时登录。
- ◆ **代码质量。**代码质量的验证是需要拥有源代码的前提下进行的，相关方法在本章后面的“代码质量监测”小节中详细阐述。

■ 稳定性

稳定性监控主要包括 Monkey 及性能指标的监测，性能指标在本书的“App 性能优

化系列”相关章节中有详细阐述，而在 Android 和 iOS 双平台下如何搭建自己的 Monkey 测试平台在本章“测试专场”中有详细阐述。

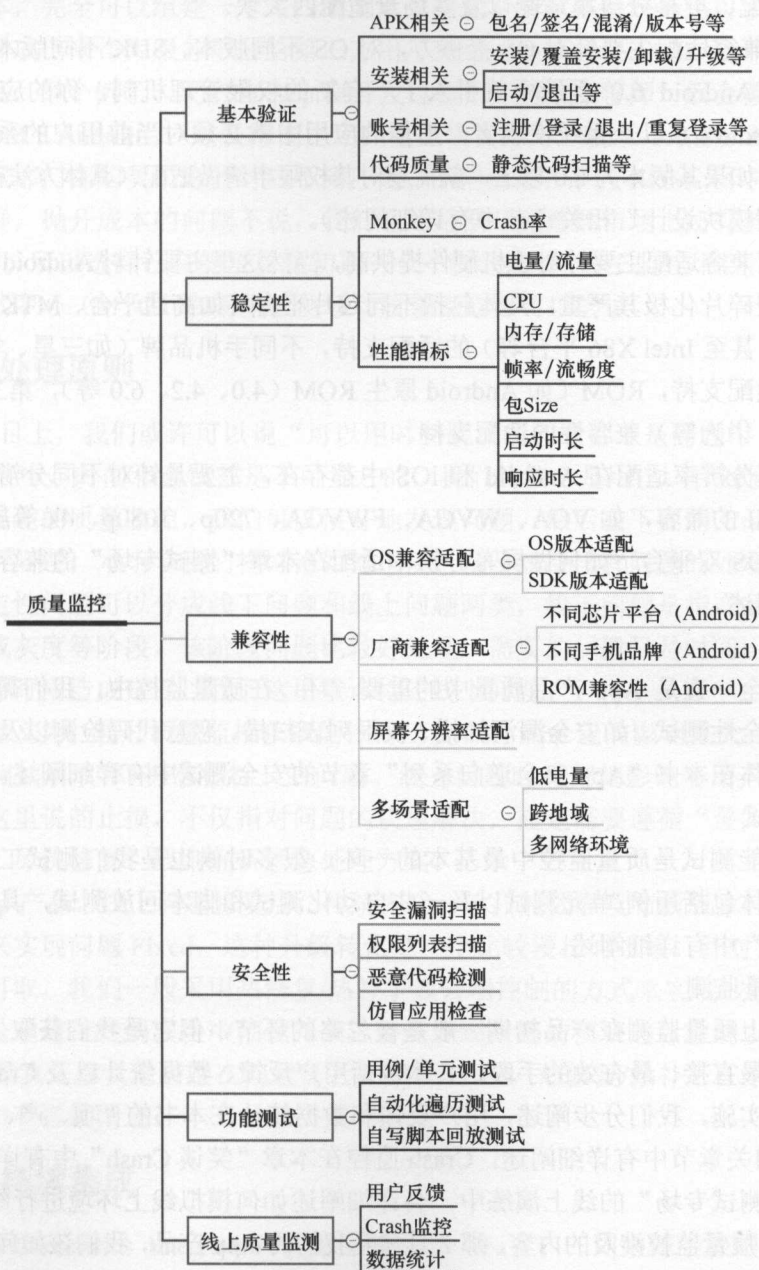


图 8-2 质量监控

第8章 App 质量和稳定性系列

■ 兼容性

兼容性也是影响 App 质量的重要部分，这里笔者把它归类成 OS 兼容适配、厂商兼容适配、屏幕分辨率适配以及多场景适配四大块。

- ◆ OS 兼容适配主要针对 OS 提供方，对 OS 不同版本、SDK 不同版本进行适配。例如，Android 6.0 系统中就引入了一套新的权限管理机制，你的应用如果包含了 Android 6.0 以上系统使用者，那你的应用中就必须对当前用户的系统版本进行判断，如果其版本为 6.0 以上，就需要对其权限申请做适配（具体方法在本书的“App 常用模块设计”相关章节中有详细阐述）。
- ◆ 厂商兼容适配主要针对手机硬件提供商，当然这里主要针对 Android 系统，Android 机型碎片化极其严重，具体包括不同芯片平台（如高通平台、MTK 平台、海思平台，甚至 Intel X86 平台等）的适配支持，不同手机品牌（如三星、华为、小米等）的适配支持，ROM（如 Android 原生 ROM（4.0、4.2、6.0 等），第三方 ROM（小米、华为等）兼容性的适配支持。
- ◆ 屏幕分辨率适配在 Android 和 iOS 中都存在，主要是针对不同分辨率的屏幕，应用 UI 的兼容，如 VGA、WVGA、FWVGA、720p、1080p、4k 等屏。在 Android 和 iOS 双平台下如何做屏幕分辨率适配在本章“测试专场”的兼容性测试中有详细阐述。

■ 安全性

安全一直是 App 产品质量中的重要一环，在质量监控中，我们需要进行一些常见的安全性测试，如安全漏洞扫描、权限列表扫描、恶意代码检测以及仿冒应用检查等，具体在本书“App 安全逆向系列”章节的安全测试中有详细阐述。

■ 功能测试

功能测试是质量监控中最基本的一环，很多时候也是我们测试工程师的基本工作，具体包括用例/单元测试以及一些自动化测试和脚本回放测试，具体在本章“测试专场”中有详细阐述。

■ 线上质量监测

线上质量监测在产品初期一般是被忽略的环节，但它是我们获取 App 质量问题反馈中最直接、最有效的手段，具体包括用户反馈、数据统计以及 Crash 监控等。具体如何实施，我们分步阐述，用户反馈和数据统计在本书的“项、产、设、运‘四天王’”相关章节中有详细阐述，Crash 监控在本章“笑谈 Crash”中有详细阐述，而在本章“测试专场”的线上演练中，会详细阐述如何模拟线上环境进行线上演练。

上面讨论了质量监控涉及的内容，那么具体到我们的 App 产品，我们该如何来做质量监控呢？当然我们可以自己组建一个团队，搭建一个质量监控平台，但成本和代价都是比较高的，而且如果是中小团队或创业公司，一般不太可能有这个人力投入来支撑，所以，通常的做法

是，选择一些已有的平台服务来监控。当然，其中一些具体环节我们可以分拆后自己做，例如后面章节要讨论的代码质量的监测、持续集成等。当然，如果你是类似 BAT 类的大企业、大团队、大资本，完全可以组建一个专门的团队来搭建，而且搭建好后还可以提供给其他团队使用，以致开放出来作为服务平台给第三方用户使用。

对于兼容性，举个例子，我们的 App 在开发过程中，测试工程师一般会覆盖当前主流厂商的机型和 ROM（Android），以及市面上用户量比较大的 OS 版本（Android/iOS），当然前提是我们的测试部门都购买了这些对应不同厂商、不同机型、不同 ROM、不同 OS 版本的真机，但即使这样，抛开成本的问题不说，我们也还是很难覆盖到市场上所有的机型，特别是 Android OS 手机，所以选择已有的平台是初期一个不错的选择。关于监控平台，腾讯的 Bugly、百度移动云测试中心（MTC）和阿里云测移动质量中心都可以尝试。

8.2.2 问题处理原则

在 App 项目上，我们或许可以说“可以用时间解决的问题都不是问题”，但在一个成熟的大的 App 项目中，时间和金钱都是不可为之的，我们的核心是用户。针对质量和稳定性，通过上一小节描述的质量监控，我们可以很好地发现问题，然后在下面的 Crash 章节我们会详细定位和分析问题，本小节我们将讨论如何止损，以及对待已有问题的处理原则。

质量和稳定性问题可以分成线下问题和线上问题两类，线下问题是指产品未发布，还处在开发、测试或灰度等阶段，该阶段问题比较好处理，需要的一般只是时间，最大的影响也就是对版本发布时间造成延迟，我们这里重点讨论线上问题。

线上问题定义为：通过质量监控获取的针对已发布的 App 包的影响重大（通过稳定性衡量指标判断，例如崩溃率>标准指标）的问题。线上问题时时刻刻影响着用户体验，及时止损极其重要，这里说的止损，不仅指对问题的快速解决，而是需要遵循“最大程度最快速的方式降低影响，尽快修复”原则确认紧急处理方案。

对移动 App 产品，线上问题修复后，传统方式一般只能依靠发布新版本，通过用户升级或者强制升级来实现问题 Fixed，这种升级转化是一个比较漫长的过程。针对紧急重大问题，这种方式不太可取，我们一般采用热修复/热补丁或云端控制的方式来实现线上更新或止损。云端控制主要是通过代码模块中预设开关，针对出现问题的模块进行控制以实现止损，而热修复/热补丁是真正意义上对存在问题进行止损并 Fixed，热修复/热补丁在本书的“App 热门技术”章节中有详细阐述。

8.2.3 App 持续集成

持续集成（Continuous Integration），英文缩写为 CI，CI 一词来源于极限编程（Extreme Programming），作为它的 12 个实践之一出现，官方定义为“持续集成是一种软件开发实践，即团队开发成员经常集成它们的工作，通常每个成员至少每天集成一次，也就是意味着每天

可能会发生多次集成，每次集成都通过自动化的构建（包括编译、发布、自动化测试）来验证，从而快速地发现集成错误。许多团队发现这个过程可以大大减少集成的问题，让团队能够更快地开发内聚的软件”。CI 的目的是让产品快速迭代，同时保持高质量，本小节将讨论移动应用平台下的 CI 相关知识。关于持续集成更多详细介绍及高效持续集成的关键实践建议参阅 Martin Fowler 的 Continuous Integration。

针对移动应用平台，可以简单地理解成当有人向代码库的主分支提交代码的时候，后台的持续集成服务器会尝试去构建整个产品，包括编译打包、自动化测试、质量分析等，输出结果成功或失败。

一个完整的 CI 流程如图 8-3 所示，包括开发者的代码提交，CI Server 的 Build 及测试，通过后再提交给 Code Server 合并，然后由 CI Server 打包给 QA（Quality Assurance，品质保证）审核发布。

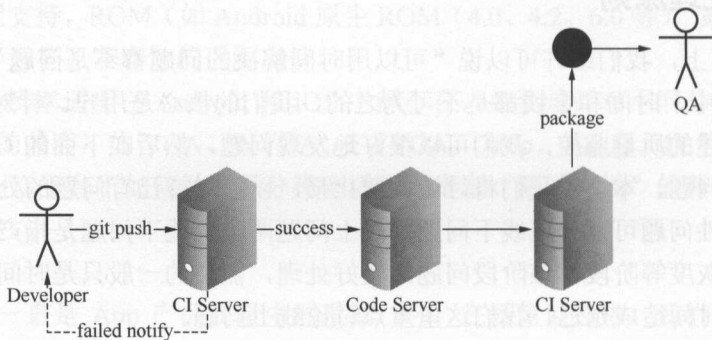


图 8-3 CI 流程

Jenkins 是一个用 Java 编写的开源的持续集成工具，提供了软件开发的持续集成服务，可监控并触发持续重复的工作，具有开源、支持多平台和插件扩展、安装简单、界面化管理等特点，更多介绍请登录 Jenkins 官网了解，下面以 Jenkins 为例，阐述如何搭建一个 Android/iOS CI 打包平台。

Android/iOS CI 打包平台的最终运行效果如图 8-4 所示，下面详细阐述其中的一些关键步骤。

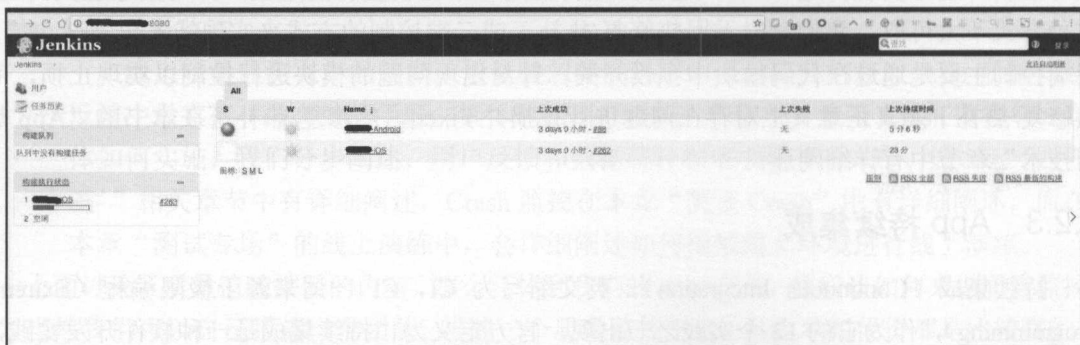


图 8-4 Jenkins CI 打包平台的最终运行效果

✧ Jenkins 安装和启动

- Jenkins 依赖于 Java 环境，首先到 Oracle 官网下载 Java，完成 Java 相关环境的安装及配置（环境变量）。
- 在 Jenkins 官网下载 jenkins.war，双击安装，然后配置环境变量。可能需要对 Jenkins 相关参数做修改，修改方法为：jenkins + 相关参数。例如，假设 Jenkins 默认端口号 8080 被占用了，需要修改成 8888 的端口，修改命令如下。

```
jenkins -httpPort=8888
```

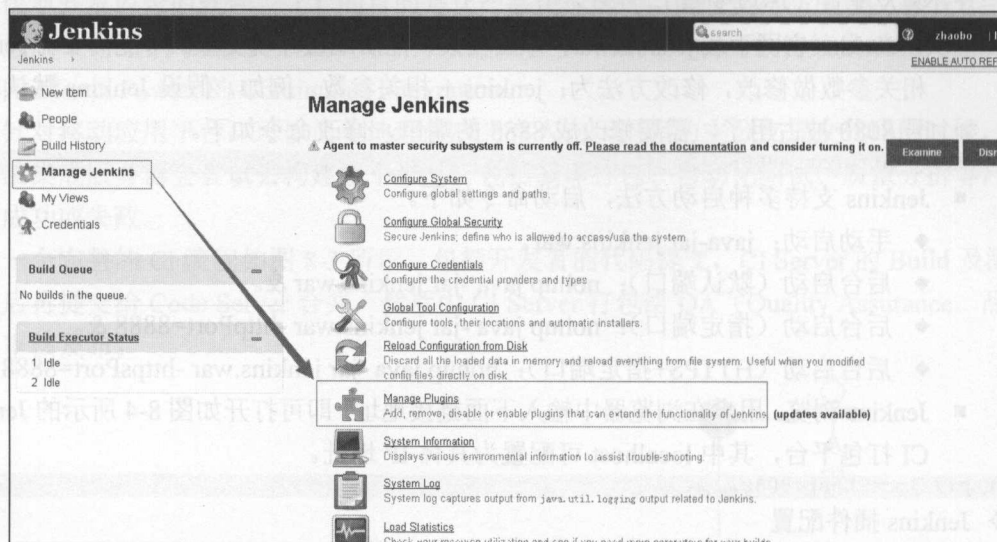
- Jenkins 支持多种启动方法，启动命令如下。
 - ◆ 手动启动：java -jar jenkins.war。
 - ◆ 后台启动（默认端口）：nohup java -jar jenkins.war &。
 - ◆ 后台启动（指定端口）：nohup java -jar jenkins.war -httpPort=8888 &。
 - ◆ 后台启动（HTTPS+指定端口）：nohup java -jar jenkins.war -httpsPort=8888 &。
- Jenkins 浏览。用户在浏览器中输入下面链接地址，即可打开如图 8-4 所示的 Jenkins CI 打包平台，其中 localhost 可配置为具体 IP 地址。

```
http://localhost:8080/
```

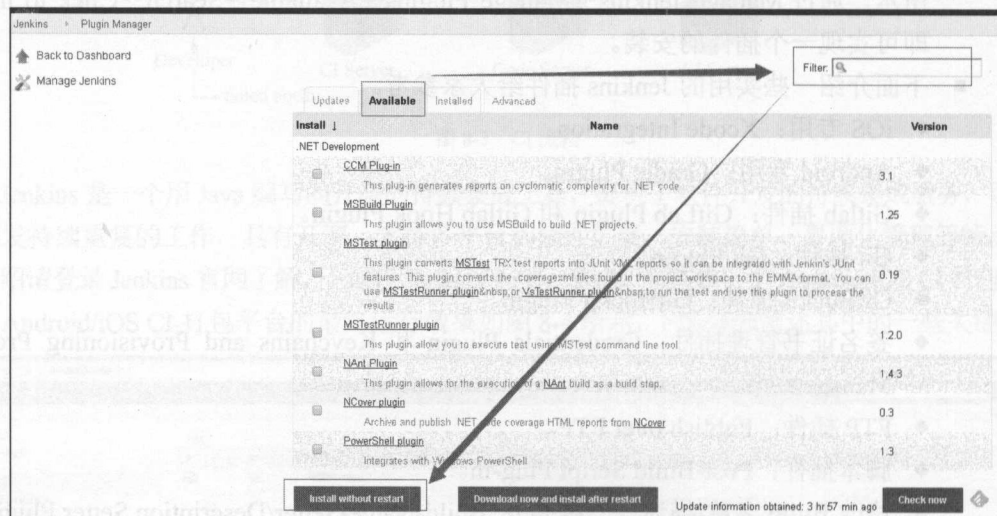
✧ Jenkins 插件配置

- Jenkins 是基于插件的功能配置，其提供许多实用插件，插件的安装方法如图 8-5 所示，通过 Manage Jenkins→Manage Plugins→Available→Search→Click to install 即可实现一个插件的安装。
- 下面介绍一些实用的 Jenkins 插件给大家参考。
 - ◆ iOS 专用：Xcode Integration。
 - ◆ Android 专用：Gradle Plugin。
 - ◆ Gitlab 插件：GitLab Plugin 和 Gitlab Hook Plugin。
 - ◆ Git 插件：Git Plugin。
 - ◆ GitBuckit 插件：GitBuckit Plugin。
 - ◆ 签名证书管理插件：Credentials Plugin 和 Keychains and Provisioning Profiles Management。
 - ◆ FTP 插件：Publish over FTP。
 - ◆ 脚本插件：Post-Build Script Plug-in。
 - ◆ 修改 Build 名称/描述（二维码）：Build-Name-Setter/Description Setter Plugin。
 - ◆ 获取仓库提交的 Commit Log：Git Changelog Plugin。
 - ◆ 自定义全局变量：Environment Injector Plugin。
 - ◆ 自定义邮件插件：Email Extension Plugin。
 - ◆ 获取当前登录用户信息：Build-User-Vars-Plugin。
 - ◆ 显示代码测试覆盖率报表：Cobertura Plugin。

- ◆ 来展示生成的单元测试报表, 支持一切单测框架, 如 Junit Junit Plugin。
- ◆ 其他: GIT Plugin/SSH Credentials Plugin 等。



(a)



(b)

图 8-5 Jenkins 插件安装

◇ Jenkins 系统设置

通过 Manage Jenkins→Configure System 对 Jenkins 的一些系统配置信息进行设置, 一些

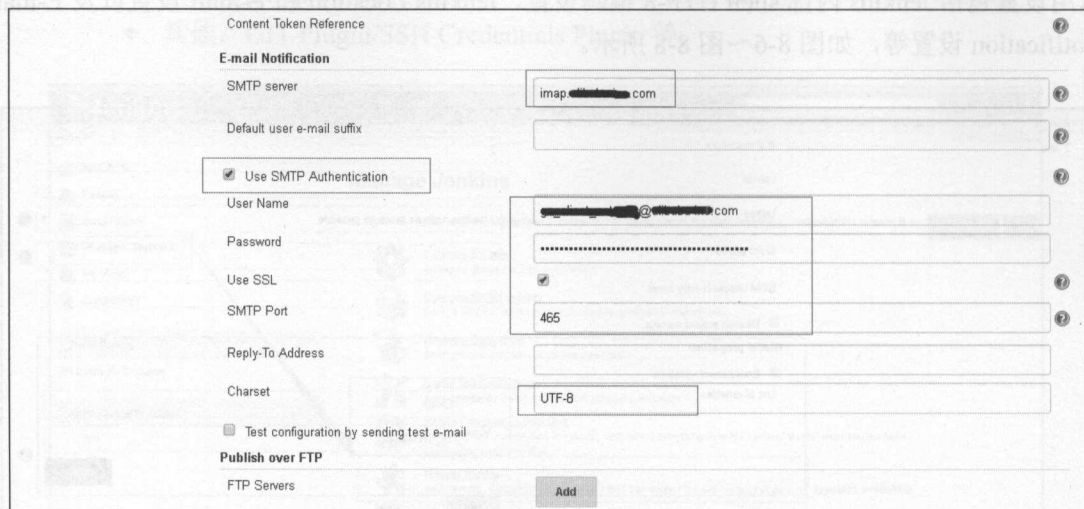
常用设置包括 Jenkins 内部 shell UTF-8 编码设置、Jenkins Location 和 E-mail 设置以及 E-mail Notification 设置等,如图 8-6~图 8-8 所示。

The image shows the Jenkins configuration page for a node. The 'Global properties' section is expanded, showing a table with one entry: Name 'LANG' and Value 'zh_CN.UTF-8'. Other visible settings include '# of executors' set to 2, 'Usage' set to 'Use this node as much as possible', 'Quiet period' set to 5, and 'SCM checkout retry count' set to 0. There are 'Save' and 'Apply' buttons at the bottom.

图 8-6 Jenkins 系统设置 (编码设置)

The image shows the Jenkins configuration page for 'Jenkins Location' and 'SSH Server'. Under 'Jenkins Location', the 'Jenkins URL' is set to 'http://[redacted]:8080/' and the 'System Admin e-mail address' is '[redacted]@[redacted].com'. Under 'SSH Server', the 'SSH Port' is set to 'Fixed' with a value of '[redacted]'. There are 'Add' buttons for 'GitHub Servers' and 'GitHub Enterprise Servers'. An 'Advanced...' button is also visible.

图 8-7 Jenkins 系统设置 (E-mail 设置)



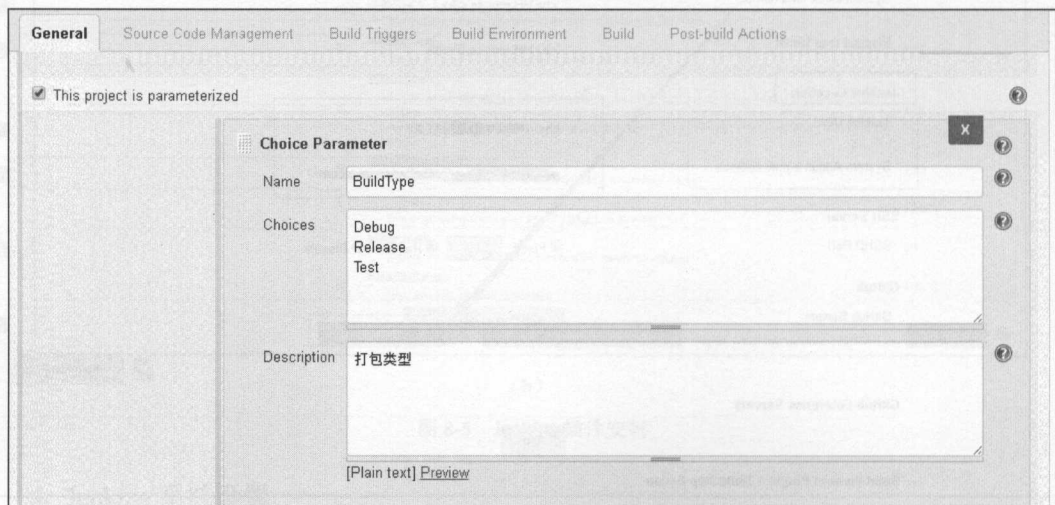
The image shows the 'E-mail Notification' configuration page in Jenkins. It includes fields for 'SMTP server' (imap[redacted].com), 'Default user e-mail suffix', 'User Name' ([redacted]@[redacted].com), 'Password' (masked with dots), 'Use SSL' (checked), 'SMTP Port' (465), 'Reply-To Address', 'Charset' (UTF-8), and a checkbox for 'Test configuration by sending test e-mail'. There is also a 'Publish over FTP' section with an 'Add' button.

图 8-8 Jenkins 系统设置 (E-mail Notification 设置)

◆ Jenkins Jobs 配置

■ Jobs 基础配置

- ◆ 配置编译参数。如果需要打包者自行选择打包类型，如需要编译 Release/Debug/Test 等不同版本的包，那么需要配置 Jobs 的编译参数。配置编译参数及最终运行结果如图 8-9 和图 8-10 所示。



The image shows the 'General' tab of the Jenkins Job configuration. The checkbox 'This project is parameterized' is checked. A 'Choice Parameter' is configured with the name 'BuildType', choices 'Debug', 'Release', and 'Test', and a description '打包类型'.

图 8-9 Jenkins Jobs 基础配置 (配置编译参数)

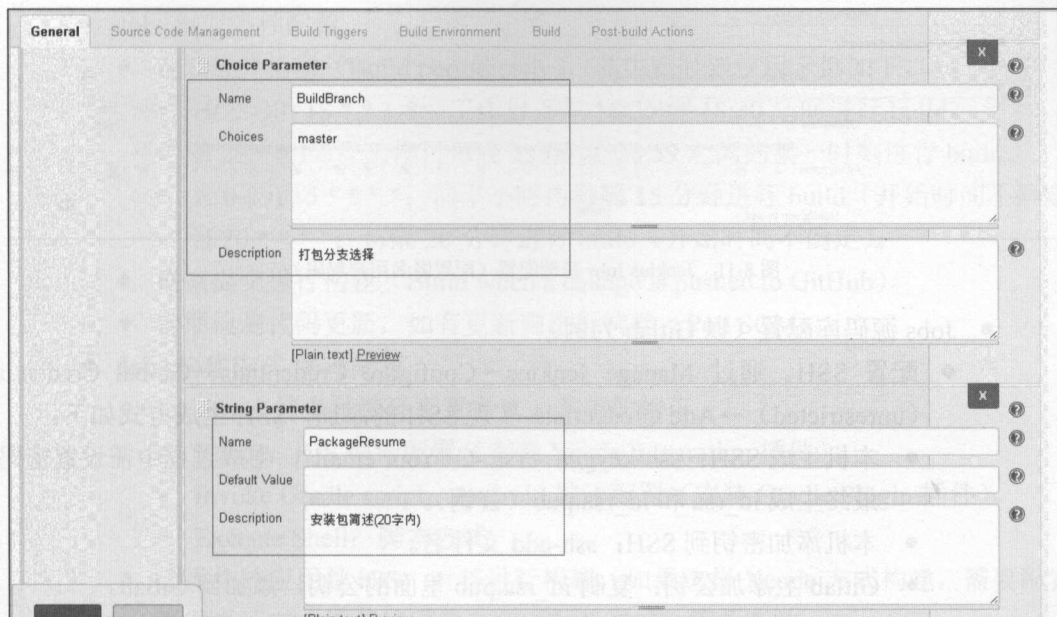


图 8-9 Jenkins Jobs 基础配置（配置编译参数）（续）

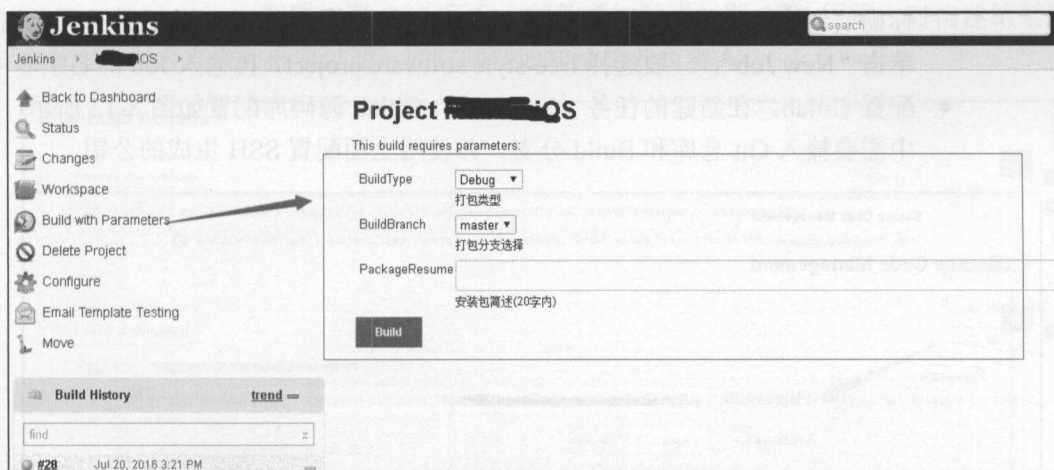


图 8-10 Jenkins Jobs 基础配置（配置编译参数运行结果）

- ◆ 配置匿名用户权限。后面打包的应用发布时，如果懒得自己再搭建服务器，就用 Jenkins 的，但发布出去的链接需要登录才能访问，这时候你可以设置匿名用户的访问权限，这样匿名用户就可以下载访问你提供的应用链接了，这是一种非常取巧的方法，如图 8-11 所示。

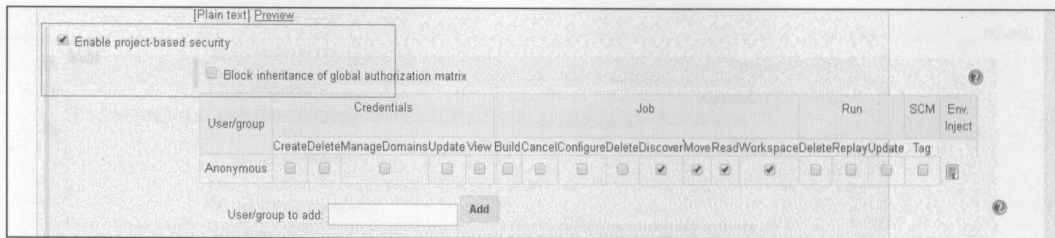


图 8-11 Jenkins Jobs 基础配置（配置匿名用户权限）

■ Jobs 源码库配置（以 Gitlab 为例）

- ◆ 配置 SSH。通过 Manage Jenkins→Configure Credentials→Global Credentials (unrestricted)→Add Credentials 实现 SSH 的添加，SSH 生成方式如下。
 - 本机生成 SSH：ssh-keygen -t rsa -C "Your email"，生成过程中需设置密码，最终生成 id_rsa 和 id_rsa.pub（公钥）。
 - 本机添加密钥到 SSH：ssh-add 文件名。
 - Gitlab 上添加公钥：复制 id_rsa.pub 里面的公钥，添加到 Gitlab。
 - Jenkins 上配置密钥到 SSH：复制 id_rsa.pub 里面的公钥，添加到 Jenkin。
- ◆ 新建 Job。在 Jenkins 中，所有的任务都是以“Job”为单位的。在进行操作前，你需要新建一个 Job，Job 新建比较简单，只需要在 Jenkins 管理的首页左侧，单击“New Job”，一般选择 free-style software project，再输入 Job 的名字即可。
- ◆ 配置 Gitlab。在新建的任务（Jobs）中，Gitlab 源码库配置如图 8-12 所示，其中需要输入 Git 仓库和 Build 分支，并使用上面配置 SSH 生成的公钥。

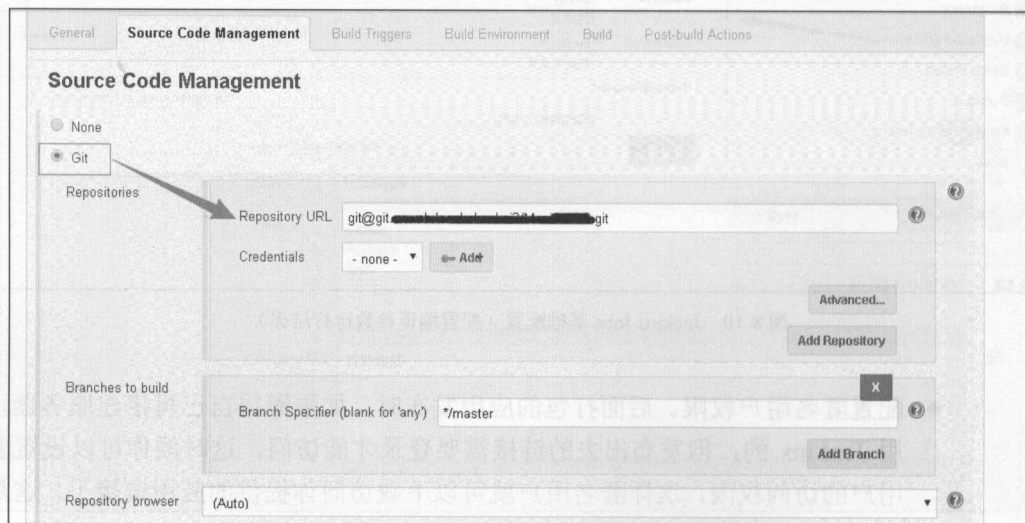


图 8-12 Jenkins Job 源码库配置（以 Gitlab 为例）

■ Jobs 触发条件配置

- ◆ 定期进行构建 (Build periodically)，其中定时器使用示例如下。
 - H(25-30) 18 * * 1-5: 工作日下午 18:25 到 18:30 之间进行 build。
 - H 23 * * 1-5: 工作日每晚 23:00 至 23:59 之间的某一时刻进行 build。
 - H(0-29)/15 * * * * *: 前半小时内每隔 15 分钟进行 build (开始时间不确定)。
 - H/20 * * * * *: 每隔 20 分钟进行 build (开始时间不确定)。
- ◆ 根据提交进行构建 (Build when a change is pushed to GitHub)。
- ◆ 定期检测代码更新，如有更新则进行构建 (Poll SCM)。

■ Jobs 构建方式/编译配置

- ◆ Jenkins 支持多种编译配置方式，常用的如下。
 - Xcode: iOS 编译配置 (安装 Xcode Integration 插件)。
 - Invoke Gradle script: Android 编译配置 (安装 Gradle Plugin 插件)。
 - Execute Shell: 脚本方式。
- ◆ 假设你的应用是 iOS，对其进行构建，如果选择 Xcode 方式构建，需要配置好开发者证书，推荐使用 Execute Shell 方式，简单有效。

■ Jobs 构建后处理

- ◆ Artifacts 配置如图 8-13 所示，邮件通知配置如图 8-14 所示，对构建结果展示内容进行提取过滤，同时邮件通知给相关负责人。

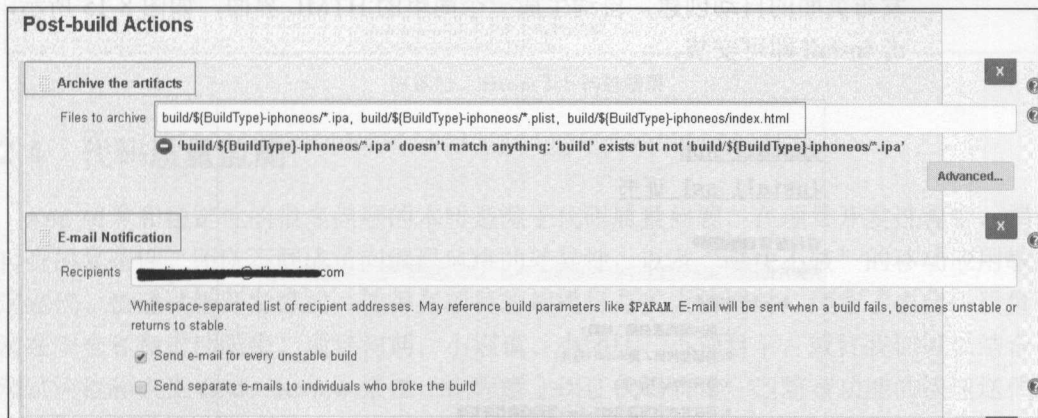


图 8-13 Jenkins Job Artifacts 配置

- ◆ 发布，可以采用传统的 FTP 服务器或者专业的 Artifacts 存储仓库，甚至对象存储服务如阿里云 OSS 等。当然，如果不想将自己的应用发布到第三方网站，只希望在自己的内网上托管和使用，那就在自己的内网上搭建服务器。服务器搭建方式有很多种，Mac 上可以用自带的 Apache 服务，也可以用其他服务。

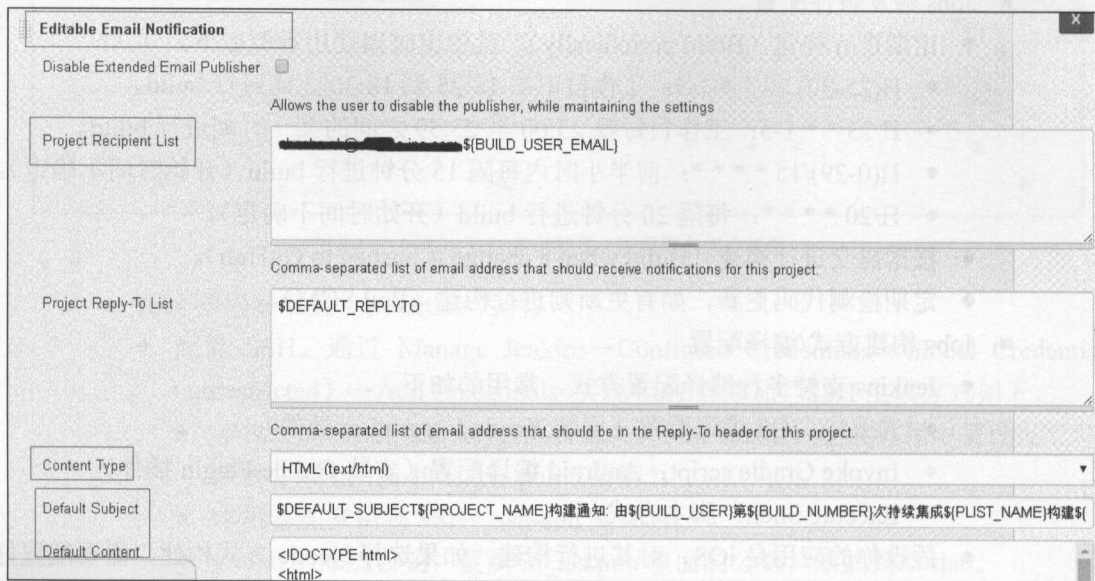


图 8-14 Jenkins Job 邮件通知配置

- ◆ 注意 iOS 的发布可能希望用到 OTA，具体可以参考笔者之前写的一个开源的 shell 脚本 PlistAutoCreate，可以用于 iOS 的 plist 文件自动创建以及 OTA 简单发布页面的自动创建，自动生成一个简单的 HTML 界面，如图 8-15 所示，单击 Install 即可安装。

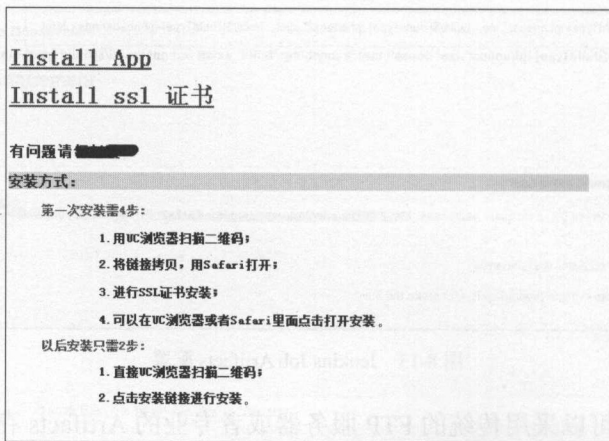


图 8-15 Jenkins iOS OTA 发布页面展示

在 iOS 发布中用到 OTA 时，itms-services://?action=download-manifest&url=后面必须是

https, 所以需要配置 SSL。在 Mac 机器上生成 SSL 证书命令如下。

```
sudo openssl genrsa -out server.key 2048
sudo openssl req -new -key server.key -out server.csr
sudo openssl genrsa -out ca.key 1024
sudo openssl req -new -x509 -days 365 -key ca.key -out ca.crt
sudo openssl ca -in server.csr -out server.crt -cert ca.crt -keyfile ca.key
```

执行上述命令最终生成 server.key (密钥文件) 和 server.crt (自己配置的 SSL 证书), 在本机安装密钥并设置好属性, 然后通过下述命令启动 Jenkins, 即可通过手机端浏览安装应用。

```
java -jar jenkins.war --httpsPort=8088 --httpsCertificate=/path/server.crt --httpsPrivateKey=/path/server.key
```

最终的构建结果如图 8-16 所示, 左侧为 Build History 等信息, 右侧是 Project 相关信息, 其中包括 Artifacts 提取过滤的指定文件 (此处为 iOS 应用) 等。

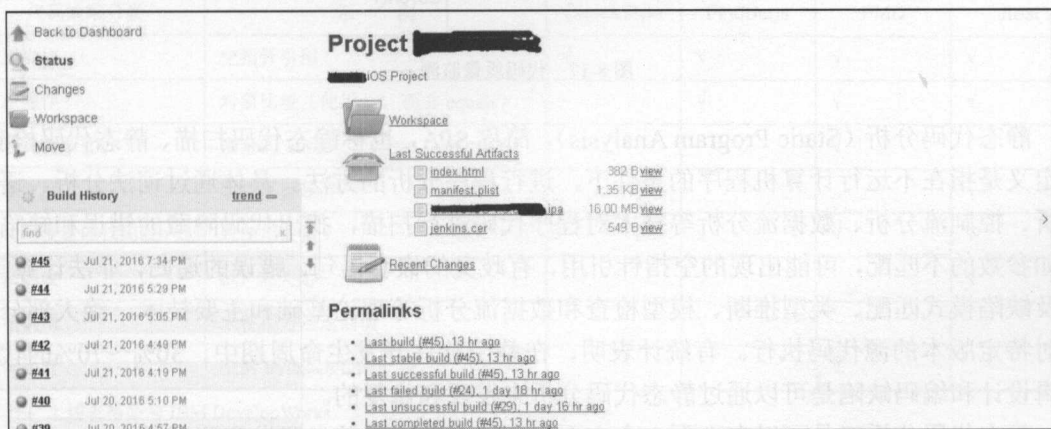


图 8-16 Jenkins Job 构建结果

8.2.4 代码质量监测

App 质量和稳定性的很多问题的本质是源于代码质量问题, 在项目开发过程中, 编程语言自身的复杂性、团队不同成员间编码风格的差异性, 以及“唯快不破”的移动应用敏捷和快速迭代、快速试错开发模式, 使得在项目的规模日益扩大的同时, 埋留了由代码质量引起的潜在安全和稳定性隐患。项目初期, 小规模、小团队、小项目下, 或许我们可以结合合理的测试流程和人工 Code Review 来在一定程度上保证代码质量, 但随着功能的快速迭代, 项目规模和复杂性日渐扩大, 显然我们期许有工具可以帮助我们实现代码质量上的监测, 这就是本小节要与大家讨论的代码质量监测的内容。

代码质量监测可以分为两部分, 包括 Code Review 和静态代码分析, 如图 8-17 所示。Code Review 部分主要包括代码规范的制定及 Code Review 的执行; “以人为本”, 重在人的参与, 更多介绍请参考本书的“我的高效团队”章节中相关内容, 我们这里主要讨论静态代码分析部分。

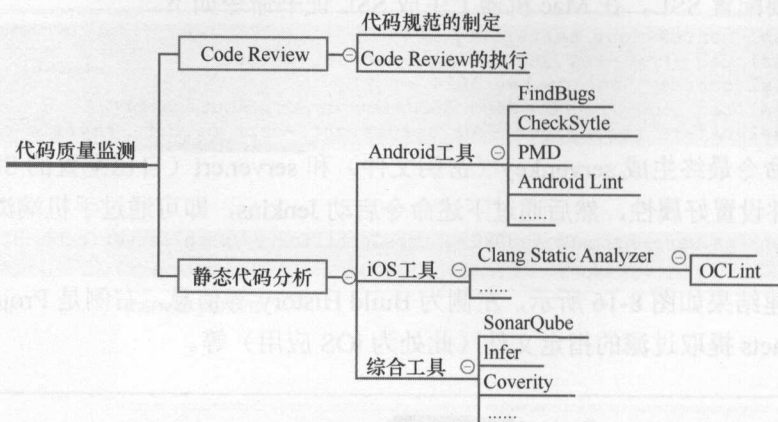


图 8-17 代码质量监测

静态代码分析 (Static Program Analysis), 简称 SPA, 也称静态代码扫描、静态代码检测。其定义是指在不运行计算机程序的条件下, 进行程序分析的方法。具体通过词法分析、语法分析、控制流分析、数据流分析等技术对程序代码进行扫描, 找出代码隐藏的 errors 和缺陷。例如参数的不匹配, 可能出现的空指针引用, 有歧义的嵌套语句, 错误的递归, 非法计算等。涉及缺陷模式匹配、类型推断、模型检查和数据流分析等理论基础和主要技术, 绝大部分是针对特定版本的源代码执行。有统计表明, 在整个软件开发生命周期中, 30%~70%的代码逻辑设计和编码缺陷是可以通过静态代码分析来发现和修复的。

静态代码分析工具可以在下面 3 个方面极大地帮助团队节省开发和测试成本。

- 可以帮助软件开发者自动执行静态代码分析, 快速定位代码可能的隐藏 errors 和缺陷。
- 可以帮助代码设计者更专注于分析和解决代码设计缺陷。
- 可以减少 Code Review 上消耗的时间, 提高软件可靠性, 并节省软件开发和测试成本。

图 8-18 所示为一个通用的静态代码分析系统的流程图, 开发者将代码提交进 Code Server, Code Server 将提交信息以事件通知 SPA Server, 触发 SPA Server 拉去 Code Server 代码完成扫描分析, 再将分析结果邮件通知相关人员。整个流程可以集成进上一小节介绍的 CI 流程中, 持续集成, 自动扫描分析并输出结果。

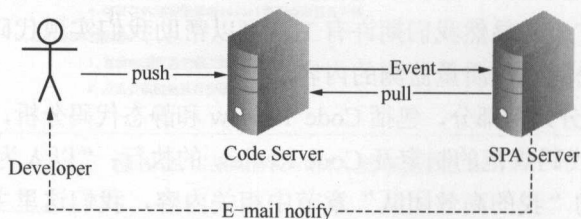


图 8-18 静态代码分析流程

具体到静态代码分析工具，现在市场上的类似工具非常多，可以分付费和免费/开源两大类，针对不同语言（如 Java/C/C++/.NET/JavaScript/Object-C/Python 等）都各有多种，例如 Java 相关的有 CheckStyle、FindBugs、PMD、Jtest 等，与 C/C++ 相关的有 CppCheck、CppLint、Clang、Sparse 等。其各有利弊，例如 Java 众多静态代码分析工具中，IBM DevelopWorks 上，其工程师对常见的 CheckStyle、FindBugs、PMD 和 Jtest 做了对比，如表 8-1 所示，可以看出，各个工具各有特色，对于代码检查各有侧重。其中，CheckStyle 更偏重于代码编写格式及是否符合编码规范的检验，对代码 Bug 的发现功能较弱；而 FindBugs、PMD、Jtest 则着重于发现现代代码缺陷，相互有重叠。

表 8-1 几种常见 Java 静态代码分析工具对比

代码缺陷分类	示 例	CheckStyle	FindBugs	PMD	Jtest
引用操作	空指针引用	√	√	√	√
对象操作	对象比较（使用==，而非 equals）		√	√	√
表达式复杂化	多余的 if 语句			√	
数组使用	数组下标越界				√
未使用变量或代码段	未使用变量		√	√	√
资源回收	I/O 未关闭		√		√
方法调用	未使用方法返回值		√		
代码设计	空的 try/catch/finally 块			√	

注：上述表格参考 IBM DevelopWorks。

下面我们将主要针对 Android/iOS 应用中常见实用的几种静态代码分析工具（Lint、CheckStyle、FindBugs、PMD、Clang Static Analyzer、Infer）的具体使用关键步骤进行简述，如图 8-17 所示。

◇ Android Lint 使用

■ 简介

- ◆ Android Lint 是 Google 官方专供 Android 代码检测的工具（ADT 16+），可以对 Android 应用中可能潜在的 Bug、API 兼容性问题、可优化的代码、布局性能、可访问性、国际化等问题进行扫描检查。
- ◆ Lint Check 的问题按严重程度分为 5 种，分别为 Fatal、Error、Warning、Information 和 Ignore，对 Issue 忽略操作本质就是降低该 Issue 的严重程度为 Ignore。

■ 使用

- ◆ 原生 Android 工程直接运行 Gradlew Lint，即可以使用 Android Lint 默认全量扫描代码，同时生成 html 或者 xml 的扫描结果文件。
- ◆ 查看 Lint 所有规则命令：lint-list 和 lint-show。

- ◆ Android Studio 2.0+版本可以在 IDE 界面上配置,如图 8-19 所示,手动执行时,单击 Analyze→Inspect Code。

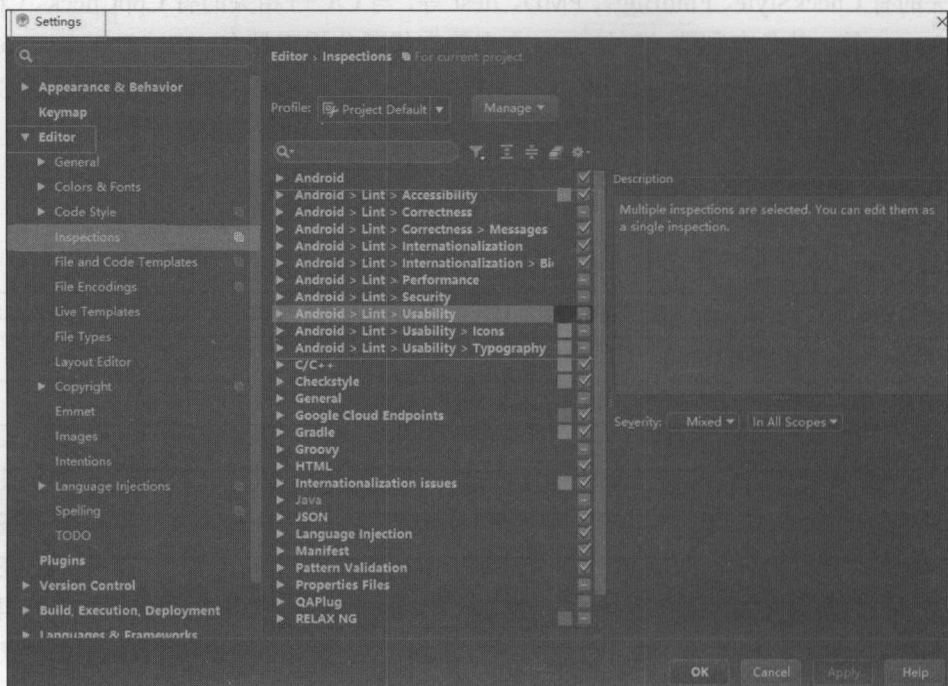


图 8-19 Android Studio Lint 配置界面

- ◆ 我们使用时, Google 原生的 Lint 规则很多、很复杂,一些是真实存在的问题隐患,而一些可能只是编码风格问题,或者说与应用开发的实际业务场景不符,这些是不应被当成 Bug 来修改的,所以需要根据特定的应用场景特殊对待,对规则有所筛选/忽略,应用我们需要的规则即可(原则上 Fatal 和 Error 类型规则为强制规则,Warning 和 Information 视应用情况而定,对规则的忽略最好专人负责,忽略前必须知其所为),具体参考下面的“配置 Lint 规则”。

■ 配置 Lint 规则

- ◆ Java 代码中: 采用@SuppressLint 注解,例如下面代码是在 onGlobalLayout 中忽略 Lint NewApi 规则。忽略多条规则可以用{}将多条规则组合,如@SuppressLint({"NewApi","ScrollViewSize"});如果要禁止所有规则,用@SuppressLint("all")。

```
@SuppressLint("NewApi")
public void onGlobalLayout() {
    ....
}
```

- ◆ XML 布局中: 采用 tools:ignore 属性标识,下面代码是忽略 Lint MissingPrefix 规则。需要忽略多个规则时,用逗号分割即可,全部禁用的话,用关键词“all”。注意:

为了这个属性值能被 Lint 识别到，需要在 XML 中加入 `xmlns:tools` 的命名空间。

```
// 命名空间声明
namespace xmlns:tools="http://schemas.android.com/tools"

<Button
    android:id="@+id/btn"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_width="wrap_content"
    android:text="@string/click"
    tools:ignore="MissingPrefix">
</Button>
```

- ◆ Gradle 中：在 `lintOptions` 中配置 `disable` 对应规则，如下代码所示。

```
android {
    lintOptions {
        disable 'TypographyFractions', 'TypographyOther'
        ...
    }
}
```

- ◆ 自定义 XML 文件：如下代码所示，在 Gradle 中指定自定义 XML 文件的路径，再在指定路径的 XML 中配置规则，XML 文件中通过设置标签中的 `severity` 属性值，可以对某个 issue 禁用 Lint 检查，或者修改某个 issue 的严重程度。

Gradle 中配置：

```
android {

    lintOptions {
        abortOnError true
        xmlReport false
        htmlReport true
        lintConfig file("$configDir/lint/lint.xml")
        htmlOutput file("$reportsDir/lint/lint-result.html")
        xmlOutput file("$reportsDir/lint/lint-result.xml")
    }
}
```

XML 文件：

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<lint>
    <!-- List of issues to configure -->

    <!-- Disable the given check in our project -->
    <issue id="IconMissingDensityFolder" severity="ignore" />

    <!-- Ignore the ObsoleteLayoutParam issue in the given files -->
    <issue id="ObsoleteLayoutParam">
        <ignore path="res/layout/activation.xml" />
        <ignore path="res/layout-xlarge/activation.xml" />
    </issue>

    <!-- Ignore the UselessLeaf issue in the given file -->
    <issue id="UselessLeaf">
        <ignore path="res/layout/main.xml" />
    </issue>

    <!-- Change the severity of hardcoded strings to "error" -->
    <issue id="HardcodedText" severity="error" />
```

```
<!-- Change the severity of Custom LogUse to "fatal" -->
<issue id="LogUse" severity="fatal"/>
```

```
</lint>
```

■ Check 范围

到笔者撰写本章的时间为止，Android SDK 自带的 Lint 规则多达 280+项，其检查的 Issue 分为 6 大类，分别为 Correctness（正确性）、Security（安全性）、Performance（性能）、Usability（可用性）、Accessibility（可访问性）、Internationalization（国际化），至于其详细规则，读者可以参考 Google 官方 lint-checks，每一条规则都值得大家细细品读和理解，相信我，这些对个人代码质量会有极大提升。

■ 自定义 Lint 规则

当原生 Lint 规则无法满足我们的特定需求（如编码规范等）或者原生 Lint 缺少一些我们认为有必要的规则时，可以自定义 Lint 规则。例如，我们希望有一个规则来检查项目中所有使用了 `android.util.Log` 的代码并标识 Warning，下面通过“LogUse”这个规则的自定义来带大家学习自定义 Lint 规则的实现方法。

- ◆ 在工程中新建一个 Java Library “lintcheck”，在 `build.gradle` 中配置 Lint 依赖，代码如下。

```
apply plugin: 'java'
dependencies {
    compile fileTree(dir: 'libs', include: ['*.jar'])
    compile 'com.android.tools.lint:lint-api:24.5.0'
    compile 'com.android.tools.lint:lint-checks:24.5.0'
}
```

- ◆ 新建 `SSLogDetector` 类，继承自 `Detector` 并实现 `Detector.ClassScanner` 接口，实现对用户代码中是否使用了 `android.util.Log` 类的检查，代码如下。

```
/**
 * 避免使用 android.util.Log
 */
public class SSLogDetector extends Detector
    implements Detector.ClassScanner {

    // define a issue
    public static final Issue sISSUE = Issue.create(
        "LogUse", //id
        "You use android.util.Log not `LogUtils`",
        "Logging should be avoided in production for security and performance reasons.
        Therefore, we created a LogUtils that wraps all our calls to Logger and disable them for
        release flavor.", Category.MESSAGES, // category
        6, // must be [1,10]
        Severity.ERROR, // severity of the issue
        new Implementation(SSLogDetector.class, Scope.CLASS_FILE_SCOPE));

    @Override
    public List<String> getApplicableCallNames() {
        return Arrays.asList("v", "d", "i", "w", "e", "wtf");
    }

    @Override
```



```

public List<String> getApplicableMethodNames() {
    return Arrays.asList("v", "d", "i", "w", "e", "wtf");
}

@Override
public void checkCall(@NonNull ClassContext context,
    @NonNull ClassNode classNode,
    @NonNull MethodNode method,
    @NonNull MethodInsnNode call) {
    String owner = call.owner;
    if (owner.startsWith("android/util/Log")) {
        context.report(
            sISSUE,
            method,
            call,
            context.getLocation(call),
            "You must use our 'LogUtils' instead of android.util.Log");
    }
}
}

```

说明:

(1) ClassScanner 接口。自定义的 Detector 可以根据你需要扫描的范围实现一个或多个 Scanner, 这里我们是针对 Class 进行扫描, 所有接口如下。

- Detector.XmlScanner。
- Detector.JavaScanner。
- Detector.ClassScanner。
- Detector.BinaryResourceScanner。
- Detector.ResourceFolderScanner。
- Detector.GradleScanner。
- Detector.OtherFileScanner。

(2) Lint 扫描顺序 (Detector 调用顺序): Manifest file→Resource files (按资源目录字母顺序)→Java sources→Java classes→Gradle files→Generic files (其他所有文件)→Proguard files→Property files。

(3) Issue。用于 Detector 发现并输出 Bug。各个参数含义如下。

```

@NonNull
public static Issue create(
    @NonNull String id, // 问题ID
    @NonNull String briefDescription, // 问题描述
    @NonNull String explanation, // 问题详细解释及修复建议
    @NonNull Category category,
    int priority, // 优先级 1-10
    @NonNull Severity severity, // 严重程度
    @NonNull Implementation implementation) {
    return new Issue(id, briefDescription, explanation, category, priority,
        severity, implementation);
}

```

其中, Category 类别有 Lint、Correctness (incl. Messages)、Security、Performance、Usability (incl. Icons, Typography)、Accessibility、Internationalization、Bi-directional text, 当然你也可以

自定义 Category。

- ◆ 新建 `SSIssueRegistry` 类，提供需要被检测的 Issue 列表，代码如下。

```
public class SSIssueRegistry extends IssueRegistry {

    @Override
    public List<Issue> getIssues() {

        return Arrays.asList(
            SSLogDetector.sISSUE
            // add your custom issue here
        );
    }
}
```

同时需要在 `build.gradle` 中声明 `Lint-Registry` 属性，代码如下。

```
jar {
    manifest {
        attributes('Lint-Registry':
            'com.skyseraph.android.architect.c8_2.link.SSIssueRegistry')
    }
}
```

- ◆ OK，现在运行程序即可得到我们自定义 Lint 的 jar 包 `linkcheck.jar`。下面我们来验证和使用自定义 Lint 规则 jar 包。
- ◆ 验证。将 `linkcheck.jar` 复制到“`~/android/lint/`”目录，然后运行 `lint -show LogUse` 即可。
- ◆ 使用。目前笔者所知方法来自 LinkedIn，其是通过将 jar 包封装到一个 aar 中，然后让目标依赖此 aar 即可使自定义 Lint 生效，Lint Check 的结果如图 8-20 和图 8-21 所示。

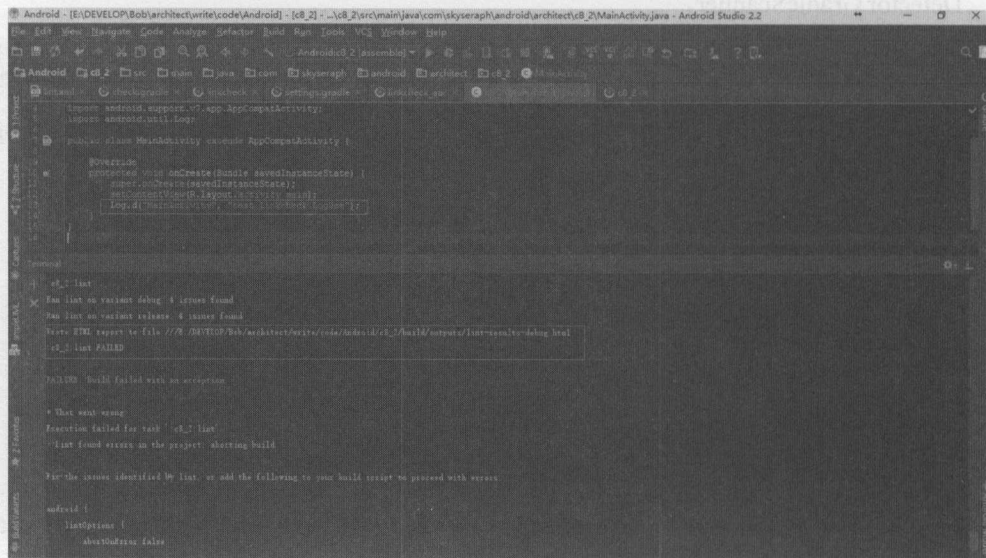


图 8-20 Android Studio 自定义 Lint Check

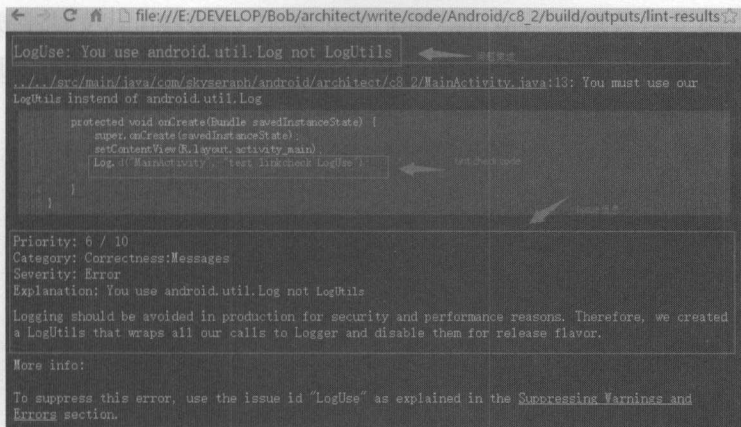


图 8-21 Android Studio 自定义 Lint Check 报告

- ◆ 最后，更进一步，我们可以为自定义 Lint 开发对应插件，这样在团队之间使用起来无须配置，零迁移成本，具体实现方案可参考下面美团点评技术团队的 Lint 实践链接。

■ 实用链接

- ◆ 官方文档: <http://tools.android.com/tips/lint>。
- ◆ 官方规则: <http://tools.android.com/tips/lint-checks>。
- ◆ 自定义 Lint 规则: <http://tools.android.com/tips/lint/writing-a-lint-check>。
- ◆ 美团点评“Android 自定义 Lint 实践”: <http://tech.meituan.com/>。
- ◆ Linkedin “Writing Custom Lint Checks with Gradle”。

✧ Android CheckStyle 使用

■ 简介

- ◆ CheckStyle 是 SourceForge 的开源项目，通过缺陷匹配技术对代码编码格式、命名约定、Javadoc、类设计等方面进行代码规范和风格的检查，来有效约束开发人员更好地遵循代码编写规范。
- ◆ 针对源文件，主要用于检查代码规范。

■ IDE Check

下载安装 CheckStyle-IDE 插件并重启 Android Studio，进入 CheckStyle 设置界面，可以设置 CheckStyle 扫描范围、配置文件等信息，其默认是使用官方提供的文件 sun_checks.xml，当然我们可以定义自己的规则和配置文件，详细配置规则请参考官方文档（见下面链接），设置完后单击“Apply”按钮即可看到扫描结果。

■ Gradle Check

Gradle Check 方式可以将我们的 SPA 集成到自动编译/打包服务器中，例如

8.2.3 小节中搭建的 Jenkins。我们通过制定 CheckStyle 文件来实现代码扫描，CheckStyle 的文件规范可参考下述“规则使用”链接，Gradle Task 核心代码及说明注释如下。

```
// Checkstyle task任务
task checkstyle(type: Checkstyle) {
    // 根据指定目录下的 checkstyle.xml 和 suppressions.xml 文件来分析代码并输出结果
    configFile file("${configDir}/checkstyle/checkstyle.xml")
    configProperties.checkstyleSuppressionsPath = file("${configDir}/checkstyle/suppressions.xml").absolutePath
    source 'src'
    include '**/*.java'
    exclude '**/gen/**'
    classpath = files()
}
```

■ Check 范围（内置规范）

- ◆ Javadoc 注释：检查类及方法的 Javadoc 注释。
- ◆ 命名约定：检查命名是否符合命名规范。
- ◆ 标题：检查文件是否以某些行开头。
- ◆ Import 语句：检查 Import 语句是否符合定义规范。
- ◆ 代码块大小：检查类、方法等代码块的行数。
- ◆ 空白：检查空白符，如 Tab、回车符等。
- ◆ 修饰符：修饰符号的检查，如修饰符的定义顺序。
- ◆ 块：检查是否有空块或无效块。
- ◆ 代码问题：检查重复代码、条件判断、魔数等问题。
- ◆ 类设计：检查类的定义是否符合规范，如构造函数的定义等问题。

✧ Android FindBugs 使用

■ 简介

- ◆ FindBugs 是一款开源的 Java 静态代码分析工具，遵循 GNU 公共许可协议。
- ◆ FindBugs 应用缺陷匹配和数据流分析技术，可以检查 Java 类或者 Jar 文件，运行的是 Java 字节码而不是源码（注意启用 FindBugs 之前，要保证你的工程是编译过的），其原理是将字节码与一组缺陷模式进行对比，从而发现代码缺陷，完成静态代码分析。常见缺陷和问题包括空指针引用、无限递归循环、死锁等。
- ◆ 针对类文件/Jar 文件，主要用于检查代码 Bug。

■ IDE Check

- ◆ Android Studio 安装插件 FindBugs-IDE，安装完后在 AS 的 Setting 中多一个 FindBugs-IDE 选项，可以对其进行参数配置，同时支持配置文件的导入/导出。
- ◆ 手动 Check 时，可以选择单个文件或者整个工程，右击选择 FindBugs 进行代

码分析，分析结果会在控制台输出展示。

■ Gradle Check

通过自定义范围和 filter 来实现代码扫描，扫描结果输出支持 html 和 xml 两种格式。Gradle Task 核心代码及说明注释如下。

```
// FindBugs task 任务，依赖 assembleDebug
task findbugs(type: FindBugs, dependsOn: "assembleDebug") {
    ignoreFailures = false // 有警告错误的时候也是允许构建
    effort = "max"
    reportLevel = "high" // 报告的级别 Low,Medium,High
    excludeFilter = new File("${configDir}/findbugs/findbugs-filter.xml") // 过滤器配置文件
    classes = files("${project.rootDir}/app/build/intermediates/classes")
    // 对应的.class 文件地址
    source 'src' // 对应的源代码文件地址 source= fileTree("src/main/java/")
    include '**/*.java'
    exclude '**/gen/**'

    reports { // reports 指定报告类型，有 xml 和 html 两种方式
        xml.enabled = false
        html.enabled = true
        xml {
            destination "$reportsDir/findbugs/findbugs.xml"
        }
        html {
            destination "$reportsDir/findbugs/findbugs.html"
        }
    }

    classpath = files()
}
```

■ Check 范围（内置规范）

- ◆ Bad practice（坏的做法）：常见代码错误，用于静态代码检查时进行缺陷模式匹配。
- ◆ Correctness 可能导致错误的代码：如空指针引用等。
- ◆ 国际化相关问题：如错误的字符串转换。
- ◆ 可能受到的恶意攻击：如访问权限修饰符的定义等。
- ◆ 多线程的正确性：如多线程编程时常见的同步、线程调度问题。
- ◆ 运行时性能问题：如由变量定义、方法调用导致的代码低效问题。

◇ Android PMD 使用

■ 简介

- ◆ PMD（Pretty Much Done/Project Meets Deadline）是由 DARPA 在 SourceForge 上发布的开源 Java 代码静态分析工具，PMD 通过其内置的编码规则对 Java 代码进行静态检查，主要包括对潜在的 Bug、未使用的代码、重复的代码、循环体创建新对象等问题的检验。
- ◆ 针对源文件，主要用于检查 Bug。

■ IDE Check

Android Studio 中安装插件 QAplug。

■ Gradle Check

通过指定规范文件来实现代码扫描，规范的自定义可参考下述“自定义规则”链接。Gradle Task 核心代码如下。

```
// PMD task 任务
task pmd(type: Pmd) {
    ignoreFailures = false
    ruleSetFiles = files("$configDir/pmd/pmd-ruleset.xml")
    ruleSets = []

    source 'src'
    include '**/*.java'
    exclude '**/gen/**'

    reports {
        xml.enabled = false
        html.enabled = true
        xml {
            destination "$reportsDir/pmd/pmd.xml"
        }
        html {
            destination "$reportsDir/pmd/pmd.html"
        }
    }
}
```

■ Check 范围（内置规范）

- ◆ 可能的 Bugs：检查潜在代码错误，如空 try/catch/finally/switch 语句。
- ◆ 未使用代码（Dead code）：检查未使用的变量、参数、方法。
- ◆ 复杂的表达式：检查不必要的 if 语句，可被 while 替代的 for 循环。
- ◆ 重复的代码：检查重复的代码。
- ◆ 循环体创建新对象：检查在循环体内实例化新对象。
- ◆ 资源关闭：检查 Connect、Result、Statement 等资源使用之后是否被关闭掉。

◇ iOS Clang Static Analyzer 使用

■ 简介

Clang Static Analyzer 是一款静态代码扫描工具，用于对 C、C++ 和 Objective-C 的程序进行分析，目前已集成到 Xcode (3.2+)，可作为独立工具以命令方式启动或者在 Xcode 环境中运行。

■ 使用

- ◆ Xcode。使用快捷键 cmd+Shift+B 进行静态代码扫描分析。
- ◆ 命令方式。使用 scan-build 命令对指定工程进行静态代码扫描分析，输出 html 和 xml 格式结果文件，通用格式如下。

```
scan-build [scan-build options] <command> [command options]
```

■ Check 范围

- ◆ 分支条件和数组长度问题。
- ◆ 空指针引用问题。
- ◆ 引用未定义指针问题。
- ◆ 除数为 0 问题。
- ◆ 栈地址存储到全局变量问题。
- ◆ UNIX API 问题。

■ 实用链接

- ◆ 官网: <http://clang-analyzer.llvm.org/index.html>。
- ◆ OCLint: <http://docs.oclint.org/en/stable/>。

◇ Infer 使用

■ 简介

- ◆ Infer 是 Facebook 开源静态代码扫描工具，同时支持 Java、OC、C，不仅可以检查 Android 和 Java 代码中的 NullPointerException 和资源泄露，也可以发现 iOS 和 C 代码中的内存泄露问题。
- ◆ Infer 依赖 Python，需 Python 版本 ≥ 2.7 环境。
- ◆ Android 平台下，相比于上面其他工具，Infer 主要可用在 Context leak 的扫描上。

■ 使用实例

◆ Android

```
infer -- ./gradlew build           //普通模式运行 Infer
infer --incremental -- ./gradlew build //增量模式运行 Infer
```

◆ iOS

```
infer -- xcodebuild -target 工程名 -configuration Debug -sdk iphonesimulator
//普通模式
infer --incremental -- xcodebuild -target 工程名 -configuration Debug -sdk iphonesimulator
///增量模式
```

其他比较有名的静态代码分析工具或平台还有 Coverity（斯坦福大学的最新一代的源代码静态分析工具，业界误报率最低的源代码分析工具之一，收费）、SonarQube（一个用于代码质量管理的开源平台，它不仅可以通过插件的形式集成 PMD、FindBugs 等多种代码规范工具，而且可以对这些不同的 SPA 工具扫描的结果进行加工处理，以量化的方式呈现代码质量的变化，支持 20 多种语言，Android Studio 中对应插件为 SonarQube）、Godeyes（百度无线出品的移动端静态代码扫描工具）等，各个工具都各有特色，各有所长，所谓“他山之石，可以攻玉”（《诗经·小雅·鹤鸣》），又谓“尺有所短，寸有所长”（《楚辞·卜居》），这里笔者推荐大家在自己项目中尝试采用多种不同工具的结合，达到集百家之所长，融百家之所思，成境界之所见。

8.3 笑谈 Crash

“There are two ways of constructing a software design. One way is to make it so simple that there are obviously no deficiencies. And the other way is to make it so complicated that there are no obvious deficiencies.” ——托尼·霍尔

如果我们编写的代码不需要任何调试，不存在任何 Bug，那是非常美妙的一件事，但在现实面前，托尼·霍尔的这句话形象地说明了我们软件开发中有着不可避免的环节，缺陷、Bug、Crash 是程序员不可逾越的痛。当然，程序如果有问题，不用担心，用软件工程的 Mosher 定律来说，“如果所有问题都没有，或许你早就失业了”。Jessica Gaston 的话则更加直接：“一个人写的烂软件将会给另一个人带来一份全职工作。”面对缺陷，我们需要冷静从容，要知晓，作为一名移动 App 从业人员，我们的从业生涯中，编程和 Crash 是不可避免的，所以本节冠题“笑谈 Crash”，那么就让我们一起端酒笑对程序员的“Crash 生涯”吧。本节内容如图 8-22 所示，主要同大家讨论 Android/iOS 下的 Crash 收集、统计和分析处理。

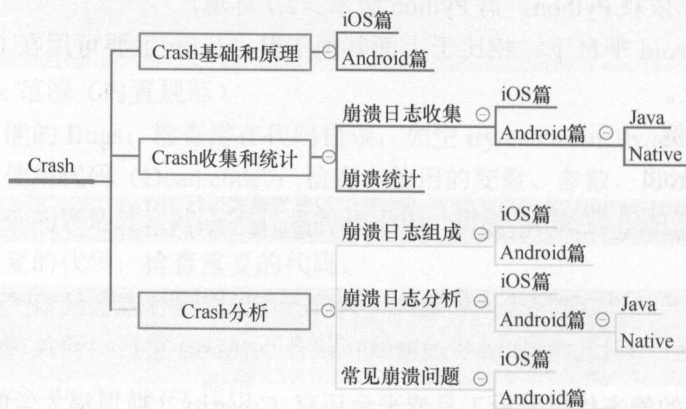


图 8-22 Crash 内容总览

8.3.1 Crash 基础和原理

在进入正题之前，这一小节先将 Crash 相关核心基础和原理进行普及和说明，具体如下。

✧ iOS 篇

■ 核心概念

◆ 文件。

- .crash 文件：Crash 日志文件，由程序崩溃生成。

- .dysmb 文件: debugging symbols 是符号表文件 (源于贝尔实验室的 DWARF), 由 Xcode 项目编译后自动生成 (也可以通过 dsymutil 工具手动生成), 保存 16 进制函数地址映射信息的中转文件, 包含所有 debug 的 symbols 都在这个文件中 (包括文件名、函数名、行号等)。
- .app 文件: 这是应用程序文件 (IPA 解压缩得到)。
- IPA 文件: iPhoneApplication 是 Apple 程序应用文件, 即 iOS App。
- ◆ UUID: 这是一个字符串, 也是 iOS 每个可执行文件或库文件的唯一标识。
- ◆ dwarfdump: 这是 Apple 提供的命令行工具, 可查看可执行文件或库文件的 UUID。
- ◆ symbolicatecrash: 这是 Apple 提供的脚本 (perl), 用于将 Crash 日志符号化为可读的堆栈信息。
- ◆ atosl: 这是 Apple 提供的命令行工具, 可以将 Crash 的 base_address 和 load_address 转化为可读的堆栈信息。symbolicatecrash 也是基于这个命令来做符号化的。
- symbolicatecrash 路径
 - ◆ 查看命令: find /Applications/Xcode.app -name symbolicatecrash -type f。
 - ◆ 各个 Xcode 版本 Mac 中的存放具体路径。
 - Xcode 7.3+: /Applications/Xcode.app/Contents/SharedFrameworks/DVTFoundation.framework/Versions/A/Resources/symbolicatecrash。
 - Xcode 6~7.2: /Applications/Xcode.app/Contents/SharedFrameworks/DTDeviceKitBase.framework/Versions/Current/Resources/symbolicatecrash。
 - Xcode 5: /Applications/Xcode.app/Contents/Developer/Platforms/iPhoneOS.platform/Developer/Library/PrivateFrameworks/DTDeviceKitBase.framework/Versions/Current/Resources/symbolicatecrash。

■ DWARF (Debugging With Attributed Record Formats)

DWARF 是贝尔实验室提出的一种调试数据格式, 更多 DWARF 信息请参考 “Apple's 'Lazy' DWARF Scheme”。

◇ Android 篇

■ Java 异常类结构

Java 异常类结构如图 8-23 所示。基类为 Throwable, Error 和 Exception 继承 Throwable, RuntimeException 和 IOException 等继承 Exception, NullPointerException 继承 RuntimeException, 可以说, 在 Java 中, 除了 Error 之外, 所有的异常类都直接或间接地继承自 Exception。

■ Java 异常分类

- ◆ 非运行时/编译时异常 (Checked Exception)。在 Java 中, 凡是继承自 Exception 但不是继承自 RuntimeException 的类都是非运行时异常, 又称为编译时异常。

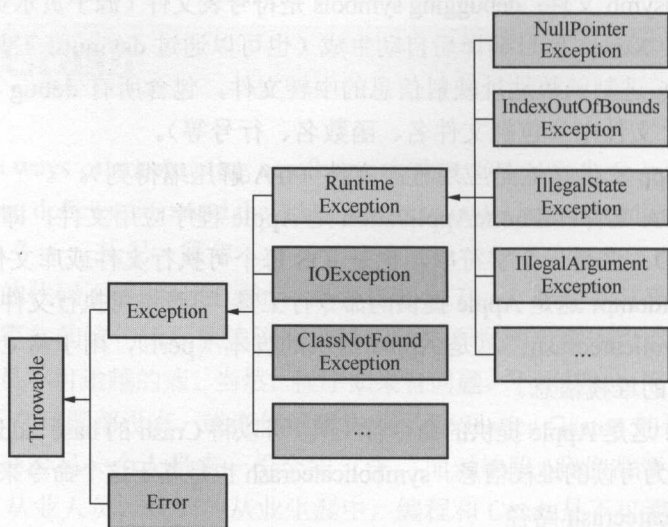


图 8-23 Java 异常类结构

- ◆ 运行时异常 (Runtime Exception/Unchecked Exception)。Error 和所有直接或间接地继承自 RuntimeException 的异常都是运行时异常，常见的有 NullPointerException、IllegalArgumentException、IndexOutOfBoundsException 等，各个 RuntimeException 的含义如表 8-2 所示。

表 8-2

常见的 RuntimeException

Exception	含 义
NullPointerException	空指针异常，即调用了未经初始化的对象或者是不存在的对象
IllegalArgumentException	非法参数
IllegalStateException	非法状态
IndexOutOfBoundsException	索引出界
UnsupportedOperationException	不支持的操作
SQLException	操作数据库异常类
ClassCastException	数据类型转换异常
NumberFormatException	字符串转换为数字类型时抛出的异常
ArithmeticException	除数为 0 的异常
BufferOverflowException	缓冲区上溢异常
BufferUnderflowException	缓冲区下溢异常
EmptyStackException	空栈异常

■ Android 异常分类

- ◆ Java 异常。在 Java 中出现未捕获异常，导致程序异常终止退出。即上面说到的 Java Exception 中的 RuntimeException。
- ◆ ANR (Application Not Responding)。应用与用户进行交互时，在一定时间（如主线程输入事件中为 5 秒）内没有响应用户的操作，则会引发 ANR 错误，并弹出一个系统提示框，让用户选择继续等待或立即关闭程序。同时会在/data/anr 目录下生成一个 traces.txt 文件，记录系统产生 ANR 异常的堆栈和线程信息，关于 ANR 更多信息在本书“App 性能优化系列”章节中详细阐述。
- ◆ Native 异常。Native 异常/崩溃指在 Native 代码 (C/C++) 中，因访问非法地址、地址对齐等问题，或程序主动 abort 所产生相应的 Signal 导致程序异常退出。Linux 中定义了很多 Signal，当然并不是所有的 Signal 都会引发崩溃，一般会引发异常退出的 Signal 有 SIGSEGV、SIGABRT、SIGILL、SIGBUS、SIGFPE 等。Native 异常具有与 Java 异常不同的特点。
 - 程序会直接闪退到系统桌面。
 - 出错时不会弹出提示框提醒程序崩溃 (Android 5.0 以下)。
 - 出错时会弹出提示框提醒程序崩溃 (Android 5.0 以上)。

■ Android 异常处理方法

- ◆ Checked Exception。Checked Exception 是在编译阶段被处理的异常，编译器会强制程序处理所有的 Checked 异常，也就是用 try...catch 显式地捕获并处理。Java 认为这类异常都是可以被处理/修复的，同时在 Java API 文档的方法说明中，都会添加是否 throw 某个 exception，这个 exception 就是 Checked Exception。如果没有 try...catch 这个异常，编译时会报错，错误提示类似于“Unhandled exception type xxxxx”。
- ◆ Runtime Exception。Runtime Exception 没有相应的 try...catch 处理该异常对象，所以 Java 运行环境将会终止，程序将退出，也即我们常说的程序 Crash。针对这类异常，我们有下面几种处理方法。
 - 人为加 try...catch。这是一种非常 low，非常不可取的方法，因为如果所有代码都加 try...catch，那么对代码的效率和可读性将会产生毁灭性的影响，同时更重要的是，你无法发现代码真正问题所在，无法处理和解决该问题。当然，你也可以直接加 try...catch，编码过程中，相信我们每一个码农都这样干过。
 - 个性化退出。我们可以在程序退出前，弹出一个个性化的对话框或者重启应用来代替 Android 系统的默认强制退出应用程序（弹出强制关闭对话框），具体实现方式大家可以参考 CustomActivityOnCrash 这个开源项目，其以非常美观的 UI 代替 Android 原生的强制关闭对话框。其关键点如下。

第8章 App 质量和稳定性系列

(1) 进程判断。获取进程名，然后通过 `currentProcessName.equals` (“进程名”) 判断当前进程是否为主进程或者特定进程，具体代码如下。

```
public static String getProcessName(Context appContext) {
    String currentProcessName = "";
    int pid = android.os.Process.myPid();
    ActivityManager manager = (ActivityManager)
        appContext.getSystemService(Context. ACTIVITY_SERVICE);
    for (ActivityManager.RunningAppProcessInfo processInfo :
        manager.getRunningAppProcesses()) {
        if (processInfo.pid == pid) {
            currentProcessName = processInfo.processName;
            break;
        }
    }
    return currentProcessName;
}
```

(2) 弹窗截获，包括如下两种方式，具体参考 8.3.2 小节中 Android Crash 收集部分代码。

① 不弹窗：`android.os.Process.killProcess(android.os.Process.myPid())`。

② 截获弹出对话框：`mDefaultExceptionHandler.uncaughtException(thread, ex)`。

注意：Signal（信号），是一种软件层面的中断机制，当程序出现错误，比如除零、非法内存访问时，便会产生信号事件。Linux 的进程是由内核管理的，内核会接收信号，并将其放入相应的进程信号队列里面。当进程由于系统调用、中断或异常而进入内核态以后，从内核态回到用户态之前会检测信号队列，并查找到相应的信号处理函数。内核会为进程分配默认的信号处理函数，如果想要对某个信号进行特殊处理，则需要注册相应的信号处理函数，如此获取并响应该 Signal 事件（《Linux 内核源代码情景分析》）。

8.3.2 Crash 收集和统计

当我们的 App 程序崩溃时，系统会创建一份 crash log（崩溃日志）保存在设备上，这份 crash log 记录着应用程序崩溃时的信息。子曰：“工欲善其事，必先利其器”（《论语·卫灵公》），我们想要解决 Crash，那首先需要收集获取到 crash log，然后再对其进行分析处理。

✧ Crash 收集（iOS 篇）

■ Apple 提供的 Crash 收集服务

- ◆ Apple 自身提供了 Crash 收集服务，我们分本机 Crash 日志查看和用户 Crash 日志查看两种，查看方法分别如下。
- ◆ 本机 Crash 日志查看。
 - 模拟器崩溃。在“~/Library/Logs/DiagnosticReports/”目录下查看，如图 8-24 所示。
 - 真机查看。

(1) Xcode 获取：打开 Xcode→Window→Devices→选择自己的设备→单击“View Device Logs”，即可查看 iOS 系统产生的崩溃报告，如图 8-25 所示。选中

某一个崩溃日志，单击 Export Log 可导出崩溃日志（.crash 文件），主要用于开发测试阶段。

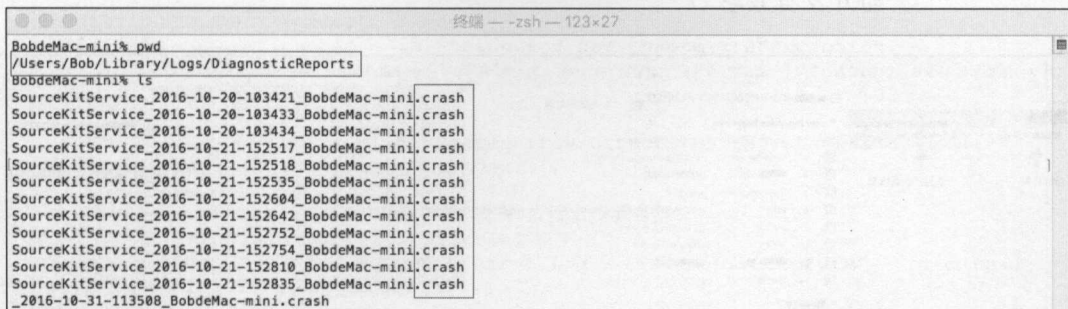


图 8-24 模拟器获取崩溃日志命令

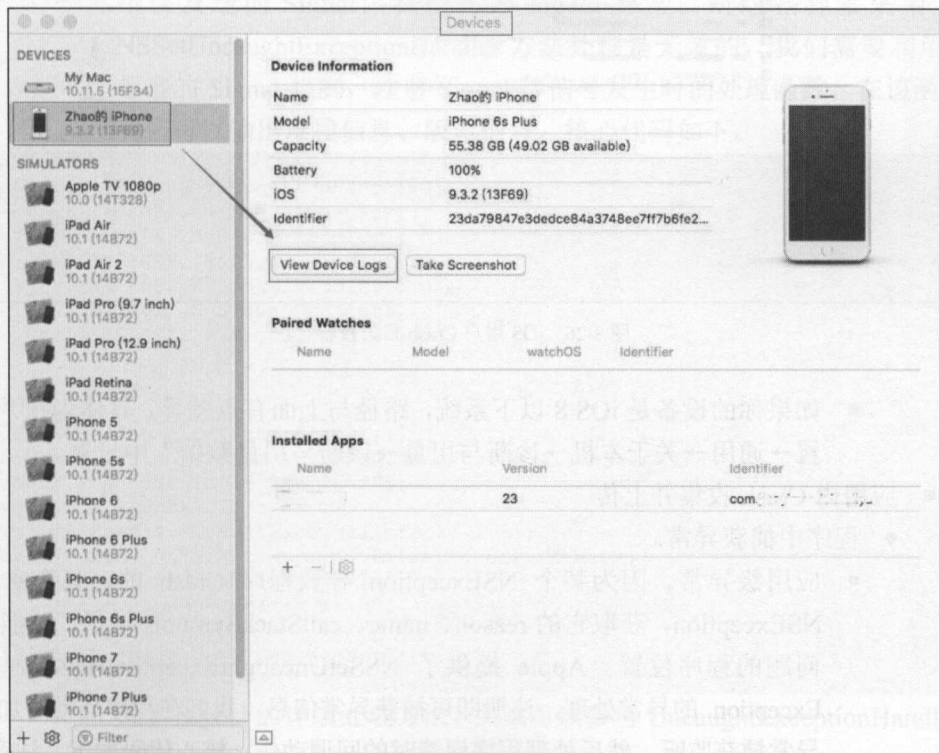


图 8-25 Xcode 获取崩溃日志

(2) 手动获取：在“~/Library/Logs/CrashReporter/MobileDevice/DEVICE_NAME”目录下查看。

- ◆ 用户 Crash 日志查看。

第8章 App 质量和稳定性系列

- 打开 Xcode→Window→Organizer→Crashes, 如图 8-26 所示。(注意需要设置“用户设置→隐私→诊断与用量→诊断与用量数据→选择自动发送”, 并与开发者共享。)

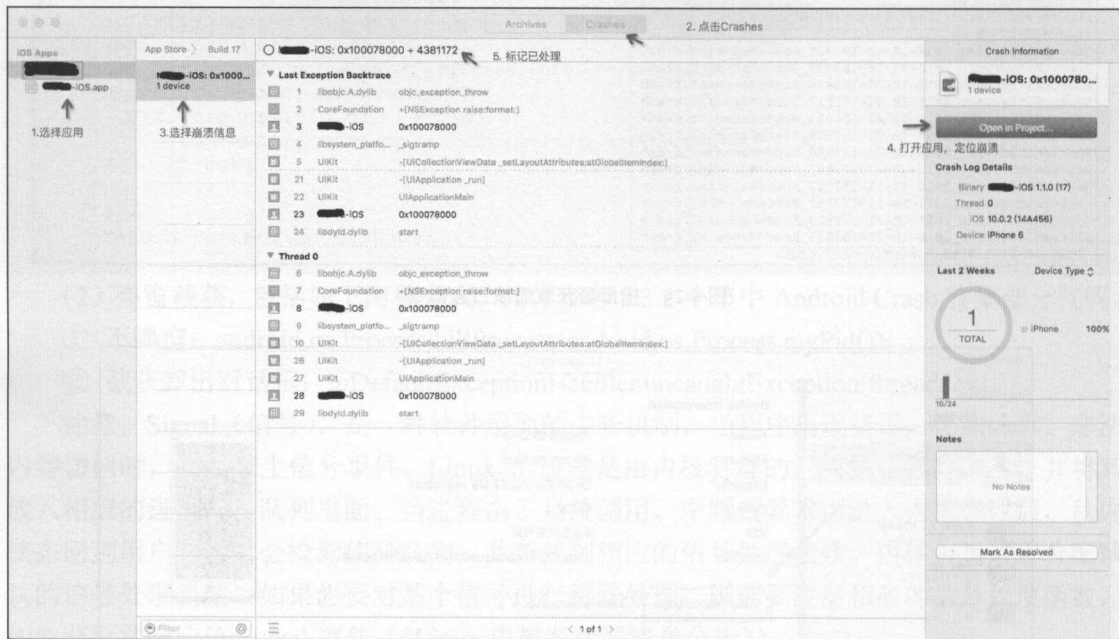


图 8-26 iOS 用户 Crash 日志查看

- 如果你的设备是 iOS 8 以下系统, 路径与上面有点差异, 具体为在“用户设置→通用→关于本机→诊断与用量→诊断与用量数据”中设置。
- 应用内 Crash 收集并上传
 - ◆ 程序中捕获异常。
 - 应用级异常。因为某个 `NSException` 导致程序 Crash 的, 只有拿到这个 `NSException`, 获取它的 `reason`、`name`、`callStackSymbols` 信息, 才能确定出问题的程序位置。Apple 提供了 `NSSetUncaughtExceptionHandler` 去获取 `Exception` 的异常处理, 注册即可捕获异常信息, 我们在程序启动时加上一个异常捕获监听, 然后处理程序崩溃时的回调动作, 核心代码如下。注意 Crash 收集统计函数应该只进行一次调用, 如果用第三方函数的话, 也最好只用一个第三方函数, 需要避免 `NSSetUncaughtExceptionHandler()` 函数指针的恶意覆盖。

```
// 注册消息处理函数的处理方法
```

```
NSSetUncaughtExceptionHandler(&uncaughtExceptionHandler);
```

```
void uncaughtExceptionHandler(NSException *exception) {
```

```

// 异常的堆栈信息
NSArray *stackArray = [exception callStackSymbols];
// 异常原因
NSString *reason = [exception reason];
// 异常名称
NSString *name = [exception name];
NSString *exceptionInfo = [NSString stringWithFormat:@"Exception
reason: %@\nException name: %@\nException stack: %@", name, reason, stackArray];
NSLog(@"%@", exceptionInfo);

NSMutableArray *tmpArr = [NSMutableArray arrayWithArray:stackArray];
[tmpArr insertObject:reason atIndex:0];

//先保存到本地后续上传 或者 发送邮件 或者 直接上传服务器
[exceptionInfo writeToFile:[NSString
stringWithFormat:@"%@/Documents/error.log", NSHomeDirectory()] atomically:YES
encoding:NSUTF8StringEncoding error:nil];
}

```

- **Signal 异常/中断。**用于处理内存访问错误、内存重复释放等错误，这些错误发送的 Signal，我们称为 Signal 异常。对这些异常采用上述的 `NSSetUncaughtExceptionHandler` 方法处理是无效的，我们需要利用 UNIX 标准的 Signal 机制，注册 Signal 等信号发生时的处理函数。在该函数中，我们可以输出堆栈信息、版本信息，核心代码如下。

```

// 信号量截断
void InstallUncaughtExceptionHandler() {
    signal(SIGABRT, MySignalHandler);
    signal(SIGILL, MySignalHandler);
    signal(SIGSEGV, MySignalHandler);
    signal(SIGFPE, MySignalHandler);
    signal(SIGBUS, MySignalHandler);
    signal(SIGPIPE, MySignalHandler);
}

// 处理 signal
void MySignalHandler(int signal) {
    NSMutableString *mstr = [[NSMutableString alloc] init];
    [mstr appendString:@"Stack:\n"];
    void* callstack[128];
    int i, frames = backtrace(callstack, 128);
    char** strs = backtrace_symbols(callstack, frames);
    for (i = 0; i < frames; ++i) {
        [mstr appendFormat:@"%s\n", strs[i]];
    }
    [SignalHandler saveCrash:mstr];
}

```

关于 Signal 的详细处理方法，大家可以参考 `UncaughtExceptionHandler` 这个开源项目。

- ◆ 上传崩溃信息。将崩溃信息持久化在本地，下次程序启动时，将崩溃信息作为日志上传给服务器或通过邮件发送给开发者（需要用户许可）。
- 第三方平台或开源框架
 - ◆ 第三方平台。常用的 Crashlytics（Twitter）、友盟（阿里）、Bugly（腾讯）、网

易云捕、Flurry (Yahoo)、BugHD 等第三方崩溃统计工具, 原理都是根据系统产生的 Crash 日志进行了一次提取或封装, 然后将封装后的 Crash 文件上传到对应的服务端进行解析处理并统计展示。

- ◆ 开源框架。常用的 iOS Crash 收集开源框架有 PLCrashReporter、KSCrash、CrashKit、Countly 等, 至于其具体使用方法, 大家可直接根据下面链接在 GitHub 上查看。

◇ Crash 收集 (Android 篇)

■ 应用内 Crash 收集并上传

在前面的 Crash 基础和原理中, 我们讲到了 Android 异常分为 Java 异常、ANR 和 Native 异常 3 种, 所以在应用内实现 crash log 收集需要同时对这 3 种异常进行处理。我们上面已经分析了 ANR, 只需要对/data/anr 目录下生成的一个 traces.txt 文件进行收集上传即可, 下面仅对 Java 异常和 Native 异常收集方法进行阐述。

◆ Java 异常。

- crash log 捕捉是非常容易的 Java 异常, 只要接管默认的异常处理器, 实现 UncaughtExceptionHandler 接口即可。具体原理是, 当 Uncaught 异常发生时, 会终止线程, 此时, 系统便会通知 UncaughtExceptionHandler, 告诉它被终止的线程以及对应的异常, 然后便会调用 uncaughtException 函数, 如果该 handler 没有被显式设置, 则会调用对应线程组的默认 handler。如果我们要捕获该异常, 必须实现我们自己的 handler, 具体通过下面的函数进行设置。

```
public static void
setDefaultUncaughtExceptionHandler(Thread.UncaughtExceptionHandler handler)
```

- 然后实现自定义的 handler, 继承 UncaughtExceptionHandler, 并实现 uncaughtException 方法即可, 核心代码如下。

```
public class XXCrashHandler implements UncaughtExceptionHandler {

    @Override
    public void uncaughtException(Thread thread, final Throwable throwable) {
        // 编写崩溃前的处理逻辑
        // ...
        // 此回调既可以收到 Exception, 也可以收到 Error

        try {
            // Deal this exception (保存本地/上传服务器等)

        } catch (IOException e) {
            e.printStackTrace();
        }

        ex.printStackTrace();

        String processName = getProcessName(mAppContext);

        if (mDefaultCrashHandler != null &&
            mAppContext.getPackageName().equals(processName)) {
```



```

        mDefaultCrashHandler.uncaughtException(thread, ex); // 截获弹出对话框
    } else {
        android.os.Process.killProcess(android.os.Process.myPid()); // 不弹窗
    }
}
}

```

- 获取 Exception 崩溃堆栈信息。捕获 Exception 之后，我们还需要知道崩溃堆栈的信息，以便我们分析崩溃的原因和查找代码的 Bug。方法是通过异常对象的 `printStackTrace` 方法（用于打印异常的堆栈信息）输出结果并保存，从而找到异常的源头，核心代码如下。

```

public String getStackTraceInfo(final Throwable throwable) {
    String info= "";
    try {
        Writer writer = new StringWriter();
        PrintWriter pw = new PrintWriter(writer);
        pw.println(time);
        // TODO 在这里追加内容，例如版本号、手机型号等
        throwable.printStackTrace(pw);
        pw.println("-----分割线-----");
        pw.println();
        info= writer.toString();
        pw.close();
    } catch (Exception e) {
        return "";
    }
    return info;
}

```

◆ Native 异常。

- Android 在 Native 层代码中开发 so 库，然后 Java 通过 JNI 来调用 so 库。so 库一般通过 GCC/G++ 编译，崩溃时会产生信号异常，有相应的 Signal（类似于 Java 的异常），即 Native 异常是通过信号来通知的，所以要想抓到 Native 异常，我们需要注册信号回调来捕获信号异常。具体方法为：在程序启动后，使用 `sigaction` 注册 signal handler，在运行中出现相应的信号时，就会调用到注册时指定的 handler。
- 注册方法代码如下。

```

struct sigaction gOldCSSigAction[1] = {0};
void CrashHandleSignal(int sig, siginfo_t* info, void* context);

```

其中，主要用到 `sigaction` 函数来完成信号注册处理，原型如下。

```

#include <signal.h>
int sigaction(int signum, const struct sigaction *act, struct sigaction *oldact);

```

- 核心代码如下。

```

/** 注册
 * */
void CrashInstall() {
    // 保存信号的默认行为对象
    memset(gOldCSSigAction, 0, sizeof(gOldCSSigAction));
    sigaction(SIGABRT, NULL, &gOldCSSigAction[0]);
    // ...
    // 其他还有 SIGTRAP、SIGILL、SIGSEGV、SIGFPE、SIGBUS、SIGPIPE、SIGSYS 等
}

```



```

// 创建 信号行为对象
struct sigaction newSigAction;
sigemptyset(&newSigAction.sa_mask);
newSigAction.sa_flags = SA_SIGINFO;

/*设置信号处理函数*/
newSigAction.sa_sigaction = CrashHandleSignal;

// 注册信号新的行为对象
sigaction(SIGABRT, &newSigAction, NULL);
// ...
}

/** 编写回调处理函数
 * sig 触发的信号 ID 如 SIGABRT、SIGSEGV 等
 * info 对此信号的描述信息
 * context 信号发生的上下文。比如各种寄存器信息。此结构和具体的 CPU 平台有关
 */
void CrashHandleSignal(int sig, siginfo_t* info, void* context) {

    // 此处增加处理逻辑

    CrashUninstall(); // 反注册
    raise(signum);    // 调用系统默认信号处理
}

/** 反注册
 * */
void CrashUninstall() {
    sigaction(SIGABRT, &gOldCSSigAction[0], NULL);
    // ...
    memset(gOldCSSigAction, 0, sizeof(gOldCSSigAction));
}

```

- 获取 Native 崩溃堆栈信息。可以利用 LogCat 日志获取 Native 的崩溃堆栈信息，或者使用 Google Breakpad 方式，实现方法如下。

```

Process process = Runtime.getRuntime().exec(new
String[]{"logcat", "-d", "-v", "threadtime"});
String logTxt = getSysLogInfo(process.getInputStream());

```

■ 第三方平台或开源框架

- ◆ 第三方平台。基本上前面 iOS 中介绍的都可以。
- ◆ 开源框架。常用的 Android Crash 收集开源框架比较多，这里主要为大家介绍老牌的 Bug 自动采集系统 ACRA（据统计，截至 2016 年 2 月，Google Play 上 ACRA 的使用率达到了 2.68%）。
 - ACRA（Application Crash Reporting on Android），来源于法国，允许开发人员开发自己的服务器系统，通过 SDK 收集进程的崩溃日志，然后以 http 或 mail 的方式将数据发送出去。包含著名的 Acralyzer 系统，Acralyzer 系统工作在 Apache CouchDB 上，因此，我们只需要安装 CouchDB 即可搭建好服务器。
 - 安装和使用。

- (1) 安装: `apt-get install couchdb`。
- (2) 测试: `curl http://127.0.0.1:5984`, 正确的话返回数据`{"couchdb":"Welcome", "version":"1.2.0"}`。
- (3) 配置: 编辑 `etc/couchdb/local.ini` 修改 IP 和端口, 设置用户账号信息等。
- (4) 启动: `curl -X POST http://localhost:5984/_restart-H"Content-Type: application/json"`。
- (5) 浏览: `http://<YOUR_SERVER_IP>:5984/_utils`。

- Android App 引入。

- (1) Gradle 中添加: `compile 'ch.acra:acra:4.9.0'`。
- (2) 自定义 Application, 添加 `@ReportsCrashes` 注解, 同时设置网络权限, 代码如下。

```
import org.acra.*;
import org.acra.annotation.*;

@ReportsCrashes(
    httpMethod = HttpSender.Method.PUT,
    reportType = HttpSender.Type.JSON,
    formUri =
        "http://127.0.0.1:5984/acra-myapp/_design/acra-storage/_update/report",
    formUriBasicAuthLogin = "xxx",
    formUriBasicAuthPassword = "123456"
)

public class XXApplication extends Application {
    @Override
    protected void attachBaseContext(Context base) {
        super.attachBaseContext(base);

        // The following line triggers the initialization of ACRA
        ACRA.init(this);
    }
}

// 设置网络权限
<uses-permission android:name="android.permission.INTERNET"/>
```

- ACRA 链接。

CouchDB 官网

◇ Crash 统计

- 业界 Crash 统计一般有两种方案: 你要么用第三方平台, 上传应用信息和崩溃数据; 要么自己动手搭建一个平台, 将所有数据都记录到自家的数据库中, 然后对数据库进行查询、统计、分类、展示等。
- 关于两种方案的选择, 个人建议, 如果希望比较专业点, 同时对业务数据不敏感, 可选择国内的友盟、Bugly 或国外的 Crashlytics, 其中 Crashlytics 是 Twitter 旗下(收购)的双平台崩溃报告收集和分析工具, 提供了非常美观的报表展示和分类功

能。反之，你需要以一定的时间和人力成本来自己搭建（当然，这里主要是针对中小企业，如果是大公司，一般都有自己的平台）。

- 这里说点题外的，当你依靠自己的团队搭建了 Crash 统计分析平台，做到一定程度后，你也可以将它开放出去，作为第三方平台工具给其他应用开发者使用。国内很多平台都是这样发展起来的，据了解，腾讯的 Bugly 平台就是源于其内部的一个 RDM 异常上报，后面演变成一套完整的 Crash 监控和解决方案并开发给第三方接入。

8.3.3 Crash 分析

崩溃日志收集和统计的最终目的是为了分析和解决崩溃，找出崩溃原因，积累填坑经验，使产品更加稳定和提升质量。本节我们就来详细讨论 Crash 分析和解决之道。

◇ 崩溃日志组成（iOS 篇）

下面是一份标准的 iOS 崩溃日志，该日志主要由进程信息、基本信息、异常信息、线程回溯、堆栈信息、线程状态、动态库信息几部分组成。

```
### 1.进程信息 ###
Incident Identifier: 015B8CE5-3B35-4B5D-81D0-9D2D52A60FB4
CrashReporter Key:   3b52d8c8a1790bcf7dfc35f215bdd1b4a8ee5764
Hardware Model:      iPhone8,2
Process:             backupd [1148]
Path:                /System/Library/PrivateFrameworks/MobileBackup.framework/backupd
Identifier:          com.apple.MobileBackup.framework
Version:             1472.14 (5.0)
Code Type:           ARM-64 (Native)
Parent Process:      launchd [1]

### 2.基本信息 ###
Date/Time:           2016-10-19 15:37:21.21 -0700
Launch Time:         2016-10-19 14:36:47.47 -0700
OS Version:          iOS 9.3.2 (13F69)
Report Version:      105

### 3.异常信息 ###
Exception Type:      EXC_CRASH (SIGABRT)
Exception Codes:     0x0000000000000000, 0x0000000000000000
Exception Note:      EXC_CORPSE_NOTIFY
Triggered by Thread: 3

Filtered syslog:
None found

Last Exception Backtrace:
0  CoreFoundation      0x180a42db0 __exceptionPreprocess + 124
1  libobjc.A.dylib     0x1800a7f80 objc_exception_throw + 56
2  backupd             0x100096368 0x10006c000 + 172904
3  libdispatch.dylib   0x18048d47c _dispatch_client_callout + 16
4  libdispatch.dylib   0x1804a4090 _dispatch_source_latch_and_call + 2556
5  libdispatch.dylib   0x18048f970 _dispatch_source_invoke + 808
6  libdispatch.dylib   0x180499694 _dispatch_queue_drain + 1332
7  libdispatch.dylib   0x180490f80 _dispatch_queue_invoke + 464
8  libdispatch.dylib   0x18049b390 _dispatch_root_queue_drain + 728
9  libdispatch.dylib   0x18049b0b0 _dispatch_worker_thread3 + 112
```



```

10 libsystem_pthread.dylib 0x1806a5470 _pthread_wqthread + 1092
11 libsystem_pthread.dylib 0x1806a5020 start_wqthread + 4
...

```

4. 线程回溯

Thread 0 name: Dispatch queue: com.apple.main-thread

5. 堆栈信息

Thread 0:

```

0 libsystem_kernel.dylib 0x00000001805c0fd8 mach_msg_trap + 8
1 libsystem_kernel.dylib 0x00000001805c0e54 mach_msg + 72
2 CoreFoundation 0x00000001809f8c60 __CFRunLoopServiceMachPort + 196
3 CoreFoundation 0x00000001809f6964 __CFRunLoopRun + 1032
4 CoreFoundation 0x0000000180920c50 CFRunLoopRunSpecific + 384
5 Foundation 0x0000000181330cfc -[NSRunLoop(NSRunLoop)
runMode:beforeDate:] + 308
6 Foundation 0x0000000181386030 -[NSRunLoop(NSRunLoop) run] + 88
7 backupd 0x000000010006ffcc 0x10006c000 + 16332
8 libdyld.dylib 0x00000001804be8b8 start + 4

```

Thread 1 name: Dispatch queue: com.apple.libdispatch-manager

Thread 1:

```

0 libsystem_kernel.dylib 0x00000001805dd4d8 kevent_qos + 8
1 libdispatch.dylib 0x00000001804a07d8 _dispatch_mgr_invoke + 232
2 libdispatch.dylib 0x000000018048f648 _dispatch_source_invoke + 0
...

```

6. 线程状态

Thread 3 crashed with ARM Thread State (64-bit):

```

x0: 0x0000000000000000 x1: 0x0000000000000000 x2: 0x0000000000000000 x3:
0x0000000146d289e7
x4: 0x000000018009ee02 x5: 0x000000016e0867d0 x6: 0x0000000000000006e x7:
0x00000000000000fa0
x8: 0x000000000c000000 x9: 0x0000000004000000 x10: 0x0000000000000002 x11:
0x00000000000000010
x12: 0x0000000000000000 x13: 0x0000000000000002 x14: 0x0000000000000000 x15:
0x00000300000000300
x16: 0x00000000000000148 x17: 0x0000000000000000 x18: 0x0000000000000000 x19:
0x00000000000000006
x20: 0x000000016e087000 x21: 0x000000016e0867d0 x22: 0x0000000000000000 x23:
0x00000000440008ff
x24: 0x0000000000000000 x25: 0x000000019f437458 x26: 0x0000000000000000 x27:
0x0000000044000000
x28: 0x000000019f435100 fp: 0x000000016e086730 lr: 0x00000001806a8ef8
sp: 0x000000016e086710 pc: 0x00000001805dc11c cpsr: 0x00000000

```

7. 动态库信息

Binary Images:

```

0x10006c000 - 0x1001cbfff backupd arm64 <7e3ad371302d36a58f10b6d5e8cf67a9> /System/
Library/PrivateFrameworks/MobileBackup.framework/backupd
0x1004e8000 - 0x1004f7fff Apps arm64 <e785bb235cf237439b203599f36133d3> /System/
Library/SyncBundles/Apps.syncBundle/Apps
0x102080000 - 0x102117fff AirFair arm64 <d741108309a33f48a1449b1f64de27c0> /System/
Library/SyncBundles/AirFair.syncBundle/AirFair
0x102124000 - 0x1021e7fff AirFair2 arm64 <23088406f4da3281bfde2db8adleaf70> /System/
Library/SyncBundles/AirFair2.syncBundle/AirFair2
0x1021f4000 - 0x10220ffff Books arm64 <7f4f11e457a43f179a889d03bbab81e0> /System/
Library/SyncBundles/Books.syncBundle/Books
0x10221c000 - 0x10221ffff Data arm64 <deae71a1e4d837bca3617dfedfd204d0> /System/
Library/SyncBundles/Data.syncBundle/Data

```

```

0x102228000 - 0x10222bfff LogsPlugin arm64 <8ff271b44fb23blea5dlbf2d8bb0b303> /System/
Library/SyncBundles/LogsPlugin.syncBundle/LogsPlugin
0x102234000 - 0x10225bfff MobileSlideShow arm64 <1156a866f19634c7bc341c6d6984cb16>
/System/Library/SyncBundles/MobileSlideShow.syncBundle/MobileSlideShow
0x102270000 - 0x1022dbfff MusicLibrary arm64 <662c47f48c0036299996bb85b5215831>
/System/Library/SyncBundles/MusicLibrary.syncBundle/MusicLibrary
0x1022f4000 - 0x1022fbfff PlayActivity arm64 <7370aecc9b3c30d8b71e32fcde8fc52c>
/System/Library/SyncBundles/PlayActivity.syncBundle/PlayActivity
0x102304000 - 0x102307fff SMS arm64 <389bde302071362ea6b21609ab9ae6e1> /System/
Library/SyncBundles/SMS.syncBundle/SMS
...

```

- ◆ 进程信息。崩溃进程相关信息。
 - Incident Identifier: 这是 Crash 唯一标识 ID。
 - CrashReporter Key: 这是映射到设备的唯一 Key，如果多个 Crash 拥有相同 Key，说明这系列 Crash 只发生在一个或少数几个设备上。
 - Hardware Model: 设备类型。如果很多 Crash log 都来自相同设备，说明我们的应用在特定设备上存在问题。
 - Process: 应用名称，里面的数字是 Crash 时的 PID。
 - Path: 应用在手机中的路径。
 - Identifier: 应用 Bundle ID。
 - Code Type: 代码类型。
- ◆ 基本信息。崩溃设备基本信息，包括闪退发生的日期和时间、设备的 iOS 版本等。
 - Date/Time: Crash 发生时间。
 - Launch Time: App 启动时间。
 - OS Version: iOS 版本。例如 iOS 9.3.2 (13F69)，9.3.2 为系统版本，13F69 为 Build 号，每个系统版本可能对应多个 Build 号。
- ◆ 异常信息。Crash 时异常类型、异常码和抛出异常的线程等信息。
 - Exception Type: 异常类型。
 - Exception Codes: 异常码，常见异常码见表 8-3。
 - Triggered by Thread: 异常发生的线程。

表 8-3 iOS 常见异常码

Code	含 义
0x8badf00d	watchDog 超时，意为“ate bad food”
0xdead10cc	死循环
0xdeadfa11	用户强制退出，意为“dead fall”
0xbaaaaaad	用户按住 Home 键和音量键，获取当前内存状态，不代表崩溃
0xbad22222	VoIP 应用被 iOS 干掉
0xc00010ff	因为太烫了被干掉，意为“cool off”
0xdead10cc	在后台时仍然占据系统资源（比如通信录）被干掉，意为“dead lock”

- ◆ 线程回溯。提供应用中所有线程的回溯日志。
- ◆ 堆栈信息。我们分析 Crash 最重要的信息，可以帮助我们快速定位 Crash 位置和原因，这些信息都保存在.dSYM 文件中。格式为：frame 号+库名+函数调用地址+函数地址起始行数+执行到的行数。对应上面某一条堆栈信息代码如下。

Frame	库名	函数调用地址	起始行数	执行行数
1	libsystem_kernel.dylib	0x00000001805c0e54	mach_msg + 72	

- ◆ 线程状态。Crash 时寄存器中的值，一般可忽略。
- ◆ 动态库信息。包括动态库名称、UUID、模块起始地址、模块结束地址、指令集种类、安装路径等信息，在后面符号化时需要用到。

✧ 崩溃日志分析（iOS 篇）

iOS App crash log 分析的本质其实就是对获取的 Crash 记录文件，用符号表符号化其中一些 16 进制的内存地址，获取我们程序中直观的类型名、方法名等。

■ 崩溃日志分析步骤

- ◆ 检查 dSYM 文件与 Crash 文件是否匹配。检查××.app、××.app.dSYM 和 Crash 文件的 UUID 是否一致（××代表你的项目名）。

● 获取 UUID。

（1）崩溃日志中。从 Binary Images 模块中的第一行内容中获取（Crash 文件内第一行 Incident Identifier 就是该 Crash 文件的 UUID，如上面 crash log 中的 015B8CE5-3B35-4B5D-81D0-9D2D52A60FB4）。

（2）符号表/dSYM 文件中。用 dwarfdump --uuid ××.app.dSYM 命令获取。

（3）App 文件中。用 dwarfdump --uuid ××.app/××命令获取。

- 获取 dSYM 文件。从 xcarchive 文件中获取（Archive 时生成 xcarchive 文件）。

- ◆ 解析 Crash（符号化 crash log）。其原理有点类似于粗暴的字符串匹配，从 crash log 中匹配出对应的符号表信息，下面将对符号化方法进行详细阐述。

■ 符号化方法

- ◆ 使用 Xcode IDE。将.app 文件和对应的.dSYM 文件放在同一个文件夹下，执行 mdimport 命令即可查看 iOS Crash 日志，如图 8-27 所示。

- ◆ 使用 symbolicatecrash 脚本。

- 将××.app、××.crash、××.dSYM 和 symbolicatecrash 工具复制到一个文件夹下，或者将××.app、××.dSYM 和 symbolicatecrash 复制到××.crash 目录下。

- 执行 symbolicatecrash ××.crash ××.dSYM > out.crash 命令。

其中××.crash 为需要符号化的崩溃日志文件，××.dSYM 为编译 App 时产生

的 dSYM 文件, 如果此文件不指定, symbolicatecrash 会在你的磁盘自动搜索和匹配该文件, out.crash 为输出的符号化后的 Crash 文件。

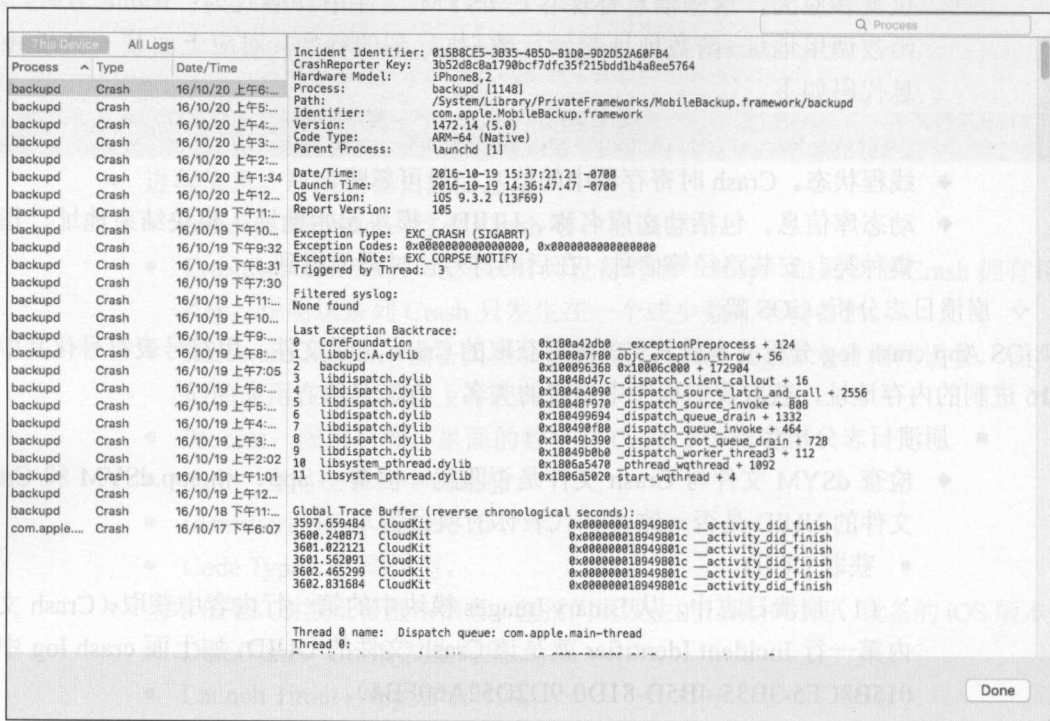


图 8-27 Xcode 查看 iOS Crash 日志

◆ 使用命令行工具 atos。

- 使用方法: `atos -o dysm 文件路径 -l 模块 load 地址 -arch CPU 指令集种类调用方法的地址`, 其中 CPU 指令集种类可以为 armv6、armv7、armv7s、arm64 等, 例如我们上面 crash log 中的为 arm64 (动态库信息中), 格式如下。

```
atos [-o AppName.app/AppName] [-l loadAddress] [-arch architecture]
```

• 实例如下。

```
xcrun atos -o appName.app.dSYM/Contents/Resources/DWARF/appName -l 0x4000 -arch armv7
xcrun atos -o appName.app.dSYM/Contents/Resources/DWARF/appName -arch armv7
xcrun atos -o appName.app/appName -arch armv7
```

- 优点: atos 方法比较适合于当有多个.ipa 文件和多个.dSYM 文件, 而你不太确定它们的对应关系时。
- 缺点: 必须在 Mac 环境下, 每次符号化过程烦琐耗时 (保存日志→进终端→找 dSYM 文件→输入命令→查看结果)。

◆ 第三方符号化工具/开源项目。

- dSYMTools。
- SYM。

注意，为了更好地分析崩溃原因，在每次上架 App 的时候，应该保留对应的 app 文件和 dSYM 文件。

◇ 崩溃日志组成（Android 篇）

Android 崩溃日志相对来说比较简单，特别是 Java 层异常，反混淆后一般可以很好地定位到异常代码位置，但具体我们在自己搭建 Crash 收集平台时，为了展示信息的完整和后续统计（崩溃率、崩溃 UV/PV 等运营数据）以及一些较难定位分析的异常，特别是与 Native 结合在一起的异常，我们需要在 Crash 收集中加入一些设备等信息，常见的有崩溃时间、CPU 类型、CPU 硬件类型、进程信息、打包流水号、应用版本号、UUID、机型（`android.os.Build.MODEL`）、版本（`android.os.Build.VERSION.RELEASE`）、SDK（`android.os.Build.VERSION.SDK_INT`）等相关信息。

◇ 崩溃日志分析（Android 篇）

- 在前面的 Crash 基础和原理中，我们讲到了 Android 异常分为 Java 异常、ANR 和 Native 异常 3 种，Crash 收集中分别对这些异常的收集进行了讲解，这里我们对 Java 崩溃和 Native 崩溃进行详细分析处理（关于 ANR，我们在本书“App 性能优化系列”章节进行了解）。
- 在具体分析之前，我们先总结一下在 Android 崩溃日志中，哪些信息和手段是非常重要的，这些对于我们定位分析问题非常有用，需要特别关注，具体如下。
 - ◆ 基本信息。包括崩溃进程名、线程名，Java 异常中的异常类型及描述等，Native 异常中的 Signal、code、fault addr 等内容，这些信息有助于初步判断崩溃的类型及崩溃的大致定位。
 - ◆ logcat。Logcat 是我们最基本、最原始的定位分析问题工具，对于其中的错误和警告级别问题，我们都需要重点关注，另外，在 logcat 中，我们一般能分析出该崩溃的上下文信息，即崩溃前后调用关系和使用场景等。
 - ◆ 崩溃栈和非崩溃栈信息。崩溃栈直接导致程序异常退出时的调用逻辑，可以和 logcat 结合在一起分析，同时注意在 Native 崩溃问题中，我们也需要关心崩溃时的 Java 栈信息；而非崩溃栈也可能包含一些对于我们分析有用的信息，应该与崩溃栈关联起来分析。
 - ◆ 内存。当前进程占用内存大小以及系统剩余内存大小信息，对于我们判断当前崩溃是否是因为内存不足导致的非常关键，如果当前占用内存不大，系统剩余内存也充足，则内存方面原因造成的崩溃问题可以不必重点关注。

- ◆ 日志大小统计。主要针对一些由于磁盘空间不足导致的崩溃异常，我们可以对比请求写入磁盘的数据大小和实际写入磁盘的数据大小，如果存在明显差异，我们可以从磁盘空间不足这方面进行考虑分析。
- ◆ 内存泄露。内存泄露相关信息主要在 Native 栈中，也包括文件句柄泄露、管道使用了没有关闭等信息，大家可以在本书“App 性能优化系列”章节中了解内存相关内容。
- ◆ 统计共性。对崩溃数据进行统计，关注在不同机型和不同 ROM 上的差异性，例如有些问题可能只在特定机型或者特定 ROM 版本中发生，这对于我们复现和分析解决问题非常有帮助。

■ Java 异常崩溃分析。

- ◆ 之前说过，Java 层的异常一般比较清晰和简单，如常见的 NullPointerException 表示空指针异常等，具体大家对照表 8-2 中整理的 RuntimeException，然后结合下面的反混淆，在代码上就能比较快地定位到问题。
- ◆ 反混淆。如果我们采用的是第三方平台或自己通过开源库搭建 Crash 平台的话，一般只需要上传 mapping.txt 文件即可，我们的平台会帮我们解析出来。如果我们希望自己手动解析的话，通过 retrace.jar 工具即可，命令如下。

```
java -jar $android_sdk_path/tools/proguard/lib/retrace.jar mapping.txt xx.log
```

- ◆ OOM 问题。OOM，英文全称 OutOfMemoryError，该异常一般在 Java 代码申请不到内存时抛出，可能是我们的程序申请了太大的内存或者系统内存已耗尽，导致我们申请失败，崩溃日志中一般会出现下面信息。

```
java java.lang.OutOfMemoryError: Failed to allocate...
```

■ Native 异常崩溃分析。

- ◆ 反混淆。反混淆部分同 Java 异常。
- ◆ 符号化。符号化可以帮助我们定位到出错的具体位置，NDK 工具中提供了 3 个调试工具——addr2line、objdump 和 ndk-stack，都可以用来分析和符号化 Native 层异常，其中 ndk-stack 在 \$NDK_HOME 目录下，与 ndk-build 位于同级目录，addr2line 和 objdump 在 NDK 的交叉编译器工具链目录下（注意需要根据目标机器的 CPU 来选择，如果不知道，可以通过 adb shell cat/proc/cpuinfo 命令获取）。
 - addr2line 工具。addr2line 主要用于获取出错代码的位置，命令如下。其中，参数 e 表示指定 so 文件路径；i 表示 inlines，显示内联函数所有相关代码；f 表示 functions，显示函数名；C 用于函数转换。

```
**-addr2line -ipfeC libXX.so 0xAddr1 ...
```

- objdump 工具。objdump 可以帮助我们获取出错函数上下文信息，命令如下。


```
**-objdump -S -D libXX.so > dump.log
```

- **ndk-stack** 工具。**ndk-stack** 是另外一个帮我们获取出错代码位置的工具，命令如下。

```
adb logcat | ndk-stack -sym libXX.so -dump crash.log
```

- ◆ **Signal 分析法**。表 8-4 所示为常见 Signal 异常，不同的 Signal 差异性比较大。

表 8-4 Android 常见 Signal 异常分析

Signal	含 义
SIGILL	非法指令。一般是 .so 文件被破坏或者代码段被破坏导致。如系统解压缩 so 文件写磁盘出错等导致
SIGSEGV	段错误，访问无效内存段。需要结合反汇编带符号 so，结合寄存器值分析崩溃点附近的汇编代码。 1. fault addr 为 deadbaad，访问非法地址导致 2. fault addr 为 00000000 或接近的值，一般是空指针或野指针导致 3. 崩在 libc.so 中，可能与 malloc 或 free 等内存申请、释放函数相关
SIGABRT	异常退出，一般是调用 abort()、raise()、kill()等函数或者被系统进程 kill 时出现 1. ANR，被系统进程 kill（有 killed by pid...信息），一般不需要 core 寄存器、fault addr 等信息，直接关注主线程的 Java 调用栈和 Native 调用栈信息即可 2. abort()函数调用导致
SIGFPE	算术运算问题
SIGBUS	总线错误。如地址不对齐或者不存在的物理地址等。 1. BUS_ADRALN。访问地址不对齐，如 32 位机器中一般要求指针 4 字节对齐 2. BUS_ADRERR。访问不存在的物理地址，一般可能是 so 文件被破坏
SIGSTKFLT	stack fault 的缩写，可能是内存耗尽引起

- ◆ 有时候我们得到的全是系统 so，上面方法很难定位出原因，这时候建议大家结合 Java 栈信息来分析一下，或许会有意外收获。

◇ iOS 常见崩溃问题

- **iOS crash log** 一般是应用违反了 Apple iOS 系统规定（例如在启动、恢复、挂起、退出时 watchdog 超时，用户强制退出和低内存终止）或者我们的代码质量不过关，存在 Bug 这两种场景下产生的。其中常用的分析方法有 Enable Malloc Scribble（野指针分析方法）、NSZombieEnabled（僵尸模式）、Enable Address Sanitizer（地址消毒剂）、Static Analyzer（静态分析）、Signal 和 EXC_BAD_ACCESS 错误分析等，大家可以以关键字查阅上述方法的具体使用。下面讲解常见的违反 iOS 系统规定和应用程序本身错误问题。

- **违反 iOS 系统规定。**

◆ Watchdog 超时机制。

- 如果我们的应用程序对一些特定的 UI 事件（比如启动、挂起、恢复、结束）响应不及时，Watchdog 就会把我们的应用程序干掉，并生成一份相应的 crash

log。例如，当用户按下 Home 键退出应用时，你的应用响应不够快，Apple iOS 可能终止你的应用并产生 crash log。

- 把需要花费时间比较长的操作（如网络访问）放在后台线程上。

◆ 用户强制退出。

iOS 4.x+开始支持多任务。如果应用阻塞界面并停止响应，用户可以通过在屏幕上双击 Home 键来终止应用。此时，如果双击 Home 键后，关闭的应用正在运行，iOS 将生成一个崩溃日志；如果应用已经在后台挂起，则不会产生崩溃日志。

◆ 程序占用内存太大而闪退。

- iOS 每个应用只能使用一部分可用内存，当内存使用达到一定程度时，iOS 将发出一个 `UIApplicationDidReceiveMemoryWarningNotification` 通知并调用 `didReceiveMemoryWarning` 方法。此时，为了让应用继续正常运行，iOS 开始终止在后台的其他应用以释放一些内存，所有后台应用被终止后，如果你的应用还需要更多内存，iOS 会将你的应用也终止掉，并产生一个 crash log。

- 如果 App 在极短时间内分配一大块内存，将给系统内存带来巨大负担。这样，也会产生内存警告的通知。

■ 应用程序本身错误。

- ◆ Exception Codes。官方定义的常见 Exception Codes 见表 8-3。

- ◆ Exception Types。错误类型，例如我们经常遇到的 `SEGV`（Segmentation Violation，段违例），表明内存操作不当，比如访问一个没有权限的内存地址。iOS 常见 Signal 异常分析如表 8-5 所示。

表 8-5 iOS 常见 Signal 异常分析

Signal	含 义
EXC_BAD_ACCESS SIGSEGV	内存使用错误，如下面场景 1. 访问无效内存地址，比如访问 Zombie 对象 2. 尝试往只读区域写数据 3. 解引用空指针 4. 使用未初始化的指针 5. 栈溢出 6. 再次调用已经被释放的对象
EXC_CRASH SIGABRT	收到 Abort 信号，可能自身调用 <code>abort()</code> 或者收到外部发送过来的信号，比如创建 dictionary 的时候传入 nil 等产生的 Crash
SIGBUS	总线错误。与 SIGSEGV 不同的是，SIGSEGV 访问的是无效地址（比如虚存映射不到物理内存），而 SIGBUS 访问的是有效地址，但总线访问异常（比如地址对齐问题）

续表

Signal	含 义
SIGILL	尝试执行非法的指令，可能不被识别或者没有权限
SIGFPE	Floating Point Error，数学计算相关问题（可能不限于浮点计算），比如除零操作
SIGPIPE	管道另一端没有进程接手数据
SIGTERM	程序结束（terminate）信号，与 SIGKILL 不同的是，该信号可以被阻塞和处理。通常用来要求程序自己正常退出

- ◆ 代码细节。如数组越界、多线程安全性、访问野指针等。
- ◆ 多线程思考。如果遇到一些不明觉厉的问题，一时找不到解决思路时，不妨从多线程的角度进行考虑。

◇ Android 典型崩溃问题

- Checked Exception。针对编译时异常，我们在捕获或抛出（throw）异常时，常见的一些错误使用和注意点如下。

- 当使用多个 catch 语句块来捕获异常时，需要将父类的 catch 语句块放到子类型的 catch 块之后，这样才能保证后续的 catch 可能被执行，否则子类型的 catch 将永远无法到达，Java 编译器会报编译错误。
- 如果 try 语句块中存在 return 语句，那么首先会执行 finally 语句块中的代码，然后才返回。
- 如果 try 语句块中存在 System.exit(0) 语句，那么不会执行 finally 语句块的代码，因为 System.exit(0) 会终止当前运行的 JVM，程序在 JVM 终止前结束执行。
- 一些重要的异常不要轻易直接忽略，需要 throw 抛出，代码如下。这一点在我们做一些 SDK 开发，需要提供接口给第三方开发者使用时应特别注意。

```
public void doXX(){
    try{
        //...some code
    }catch(XXException ex){
        // ex.printStackTrace(); // this msg is important, so not used this
        throw new RuntimeException("xxx", ex); // we should throw it
    } finally{
        //...
    }
}
```

- 不要将异常包含在 for 循环语句中，因为异常处理是占用资源的，代码如下。或许你会笑一笑直接飘过，认为自己不会犯这样的错误，真的吗？我们换个角度，A 类中执行了一段循环，循环中调用了 B 类的方法，B 类中被调用的方法却又包含 try-catch 这样的语句块，是不是和这里的代

码如出一辙？

```
for(int i=0; i<50; i++){
    try{
    }catch(XXException e){
        //...
    }
}
```

- 如果有多个 Exception，不要利用 Exception 捕捉所有潜在的异常，示例如下。

```
public void doXX(){ // NO !
    try{
        //...some code that throws RuntimeException, IOException, SQLException
    }catch(SQLException ex){
        //这里利用基类 Exception 捕捉所有潜在的异常，如果多个层次这样捕捉，会丢失原始异常的有效信息
        throw new RuntimeException("Exception in retrieveObjectById", e);
    }
}

public void doXX(){ // YES!
    try{
        //...some code that throws RuntimeException, IOException, SQLException
    }catch(IOException e){ //仅仅捕捉 IOException
        throw new RuntimeException(code,"Exception in retrieveObjectById", e);
    }catch(SQLException e){ //仅仅捕捉 SQLException
        throw new RuntimeException(code,"Exception in retrieveObjectById", e);
    }
}
```

- Java 异常 (RuntimeException)。请参考表 8-2 中所整理的 RuntimeException。
- Native 异常。常见的 Native 异常有无效引用、引用爆表、栈内存不足、堆内存不足、堆破坏、文件句柄泄露等，常见的 Signal 异常分析请参考表 8-4。
- 更多常见的 Android 平台下 Crash 异常分析请参考包建强的《App 研发录》^[8] 中第 6 章，里面包括 Java 语法相关、Activity 相关、序列化相关、列表相关、窗体相关、资源相关、系统碎片化相关、SQLite 相关等共 10 大类近 100 个实例详细分析。

8.4 测试专场

迪杰斯特拉说：“如果调试程序是移除 Bug 的过程，那么编写程序就是把 Bug 放进来的过程。”换个角度，把调试理解成测试，迪杰斯特拉的话也就比较直观地描述了编码和测试之间的关联。App 测试决定 App 质量，测试作为软件开发周期中重要的一环，一直存在较大争议，无论是传统行业中测试工程师的边缘化，还是移动互联网公司中的去测试工程师化，或者 Test is Dead 观点，这里不展开讨论，本节仅阐述笔者认为作为一名合格架构师需要具备的

测试知识、方法和工具，具体如图 8-28 所示。

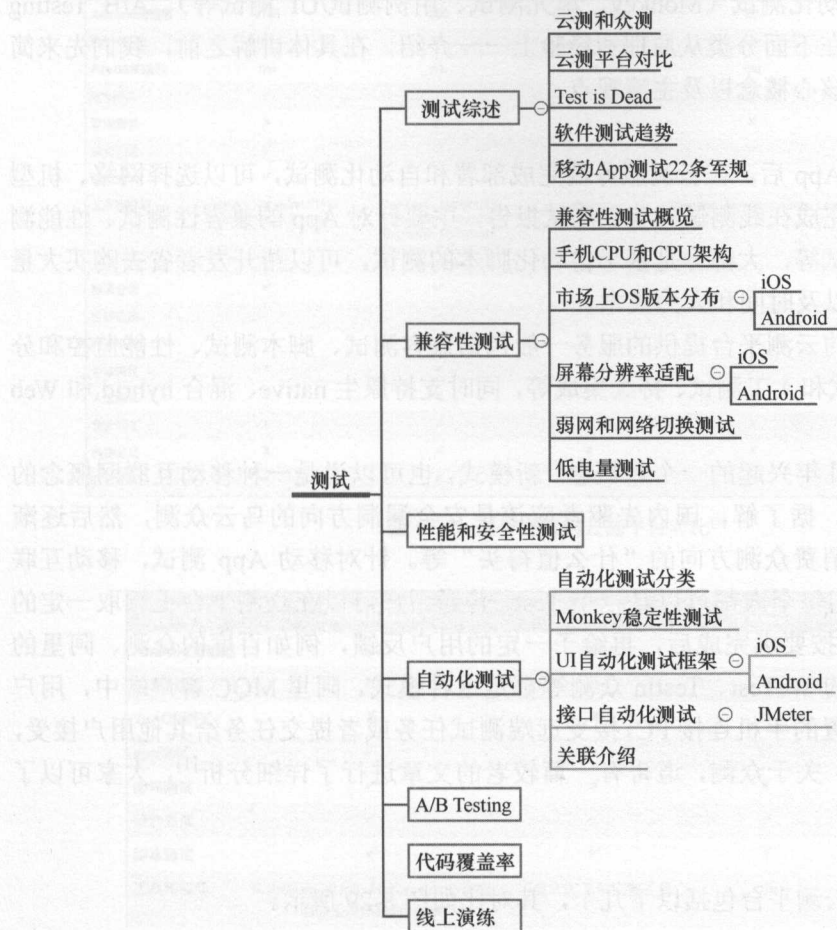


图 8-28 测试内容总览

8.4.1 测试综述

移动 App 的测试是一个迭代发展的过程，从传统软件测试中引入的白盒黑盒测试到人工测试和自动化测试平台，再到针对多机型多版本碎片化适配的云端测试平台，再到由用户参与的众测平台，构建了移动 App 测试的进化史，其实本质就是从由测试人员寻找 Bug 到标准自动化再到用户参与、用户体验的一个过程。测试的目的是为了发现错误，为代码提供修改意见，同时验证软件是否满足设计和产品需求，另外还涉及生成环境下真实用户使用过程的模拟和分析。

测试有众多概念，我们经常听说的有 UI 测试、功能测试、单元测试、性能测试、接口

测试、中断测试、兼容测试和安全测试等，这里将其统一分类，App 测试包括兼容性测试、性能和安全性测试、自动化测试（Monkey、单元测试、用例测试/UI 测试等）、A/B Testing 以及线上演练。我们将在下面分类从原理和经验上一一介绍，在具体讲解之前，我们先来简单了解几个测试业界的核心理念以及主流观点。

◇ 云测和众测

- 开发者上传 App 后，在云测服务端完成部署和自动化测试，可以选择网络、机型等相关参数完成在线测试并获取测试报告，主要针对 App 的兼容性测试、性能测试和功能测试等，大部分是基于自动化脚本的测试，可以帮开发者省去购买大量真机的成本以及时间和人力成本。
- 现在市场上的云测平台提供的服务一般包括兼容测试、脚本测试、性能监控和分析、手动测试和人工测试、持续集成等，同时支持原生 native、混合 hybrid 和 Web App 的测试。
- 众测是最近几年兴起的一个新概念、新模式，也可以说是一种移动互联网概念的平台级产品。据了解，国内先驱者应该是安全漏洞方向的乌云众测，然后逐渐演变，例如消费众测方向的“什么值得买”等。针对移动 App 测试，移动互联网时代，我们每个人都可以是一个 Test，普通用户可以在众测平台上领取一定的测试 Task，按要求完成后，再给予一定的用户反馈，例如百度的众测、阿里的嗨测、腾讯的 WeTest、Testin 众测等都是这种模式。阿里 MQC 客户端中，用户可以使用闲置的手机连接 PC，接受远端测试任务或者提交任务给其他用户接受，完成后付费。关于众测，道哥有一篇较老的文章进行了详细分析^[1]，大家可以了解一下。

◇ 云测平台对比

- 国外主流的云测平台包括以下几个，其对比如图 8-29 所示。
 - ◆ Xamarin Test Cloud。
 - ◆ TestDroid。
 - ◆ Sauce Labs。
 - ◆ Google Cloud Test Lab。
 - ◆ AWS Device Farm。
- 国内主流的云测平台包括以下几个，其对比如图 8-30 所示。
 - ◆ Testin 云测。
 - ◆ 百度 MTC。
 - ◆ 腾讯优测。
 - ◆ 阿里 MQC。
 - ◆ 华为 DevEco。

测试项目	Xamarin Test Cloud	TestDroid	Sauce Labs	Google Cloud Test Lab	AWS Device Farm
Android终端数	1153	390	56 (platforms)	20	128
iOS终端数	1044	39	26 (platforms)	n/a	82
FireOS终端数	n/a	n/a	n/a	n/a	8
app测试	✓	✓	✓	✓	✓
游戏测试	×	✓	×	×	×
兼容测试	✓	✓	✓	✓	✓
脚本测试	✓	✓	✓	✓	✓
工具和框架	Calabash, Xamarin.UITest, Xamarin Test Recorder	Calabash, appium, UI Automation, Jasmine, Espresso, Robotium, uiautomator, TestDroid Recorder	appium	Espresso, Robotium, Robo test	Calabash, appium, JUnit, Espresso, Robotium, UIAutomation, uiautomator, XCTest
崩溃分析	✓	✓	✓	✓	✓
性能监控	✓	✓	×	×	✓
持续集成	✓	✓	✓	✓	✓
手动测试	×	×	✓	×	×
人工测试	×	×	×	×	×
安全测试	×	×	×	×	×
内测分发	×	×	×	×	×
众包测试	×	×	×	×	×

图 8-29 国外主流的云测平台对比^[2]

测试项目	Testin云测	百度MTC	腾讯优测	阿里MQC
Android终端数	600	300	300	140
iOS终端数	70	3	n/a	10
YunOS测试	×	×	×	✓
app测试	✓	✓	✓	✓
游戏测试	✓	×	×	×
兼容测试	✓	✓	✓	✓
脚本测试	✓	✓	×	✓
工具和框架	Robotium, JUnit, Atrhun, itestin录制回放工具, Testin SDK	百度MTC录制回放工具	n/a	Robotium, appium, 易测
崩溃分析	✓	✓	✓	✓
性能监控	×	✓	×	×
手动测试	×	×	✓	✓
人工测试	✓	✓	✓	×
安全测试	×	✓	✓	✓
内测分发	✓	×	×	×
众包测试	✓	×	×	✓

图 8-30 国内主流的云测平台对比^[2]

◇ Test is Dead

- Test is Dead 源于 2011 年印度召开的 GTAC (Google Test Automation Conference) 大会上 Google 工程师 Alberto Savoia 的演讲题目, 他的观点很明确, 在互联网世

界，如果你发布一个产品没有任何质量问题，这样的产品是失败的，也发布得太晚了，很多测试的质量问题实际上在测试实验室里是发现不了的。当然，Test is Dead 观点有一定的前提，具体如下。

- ◆ 所有关于 checking 的工作都可以自动化之后。
- ◆ 可以让部分用户在 cloud 上面对开发的版本做测试。
- ◆ 开发者必须自己做测试，而且团队里面没有测试人员。
- 关于这个观点，笔者有比较切身的体会。笔者先后在国内一家大型传统企业（A）和一家 BAT 公司（B）待过，在 A 有一个超大团队的测试部门，专门负责其他部门项目的测试工作，完全人工，测试工程师不懂代码，不会代码，开发人员和测试人员的沟通过程就是如何将表现的或者崩溃的 Bug 解决掉，经常扯皮；而在 B，也有测试团队，但规模不大，测试是分配到各个子业务组，测试人员不叫测试工程师，而在生产促进组叫质量工程师，他们都懂代码，了解产品需求，具备质量思维，能够动手搭建各种测试平台，研发各种测试工具，屡获各种大奖。所以，笔者的观点是测试不是消失，而是转换或者说改变，以另外一种形式存在。
- 再如，在 Google，测试人员是不做测试的，他们只要“确保开发人员有自动化框架和流程”进行测试即可，开发人员需要进行必要的测试，即我们所谓的自测，开发人员对自己的代码质量负责，这正是移动互联网下测试/质量工程师的真实写照。

◇ 软件测试趋势

- 我们以 InfoQ 上的一篇文章进行总结，来看一下 2016 年软件测试行业的发展趋势^[3]，该文章核心观点及推荐的工具整理如下。另外，Evontech 上也有一篇文章对 2016 年 App 测试趋势总结了 7 个观点^[4]，大家可以参考。
- ◆ 自动化测试是王道，常见自动化测试相关工具有 REST-assured、Espresso（Android）、Gauge、Pageify、Quick（iOS）等。
- ◆ 云技术、容器化和开源工具使得测试成本下降，常见云测相关辅助开源工具有 Mountebank、Postman、Browsersync、Hamms、Gor 和 ievms。
- ◆ 安全测试贯穿整个生命周期，常用工具和技术有 Bug bounties、威胁建模（Threat Modelling）、ZAP 和 Sleepy Puppy 等。
- ◆ 优化业务价值，提出了产品优于项目的观点（Product over Project），同时将 QA 角色定义转换为产品环境下的 QA（QA in production）。
- 测试自动化大师、TestTalks 博客主持者和创始人 Joe Colantonio 对自动化测试趋势的预测观点如下^[5]。里面还有很多其他观点比较犀利，例如，We're All Testers Now！，如图 8-31 所示。推荐大家详细阅读一下其分享的 PPT，“TEST AUTOMATION TRENDS FOR 2016 AND BEYOND”^[5]。

We're All Testers Now!

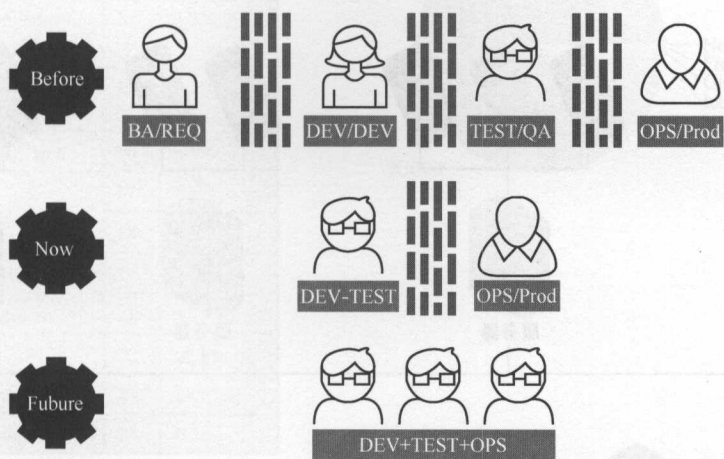


图 8-31 We're All Testers Now!

- ◆ 未来将是 Dev+Test+Ops 的模式。
- ◆ 我们正朝着行为驱动开发（BDD）的模式发展。
- ◆ 真正的开发者热爱上测试。
- ◆ 2020 年，Selenium WebDriver 将成为功能测试执行标准等。

✧ 移动 App 测试 22 条军规

黄勇的《移动 App 测试的 22 条军规》^[9]一书总结了移动 App 测试的 22 条军规或经验，涉及设备和平台、手势操作、网络切换、多任务处理、用户体验等，推荐大家阅读一下，具体内容这里就不罗列了。

8.4.2 兼容性测试

兼容性属于 App 质量和稳定性中的一环（8.2 小节中质量监控中的一项），是我们平时非常容易遇到的一类问题，特别是在 App 快速扩张的过程中，随着用户量的增加、终端设备型号和 OS 版本的多样化，不得不考虑兼容性。我们将兼容性测试分为 OS 兼容适配、厂商兼容适配、屏幕分辨率适配以及多场景适配 4 大块，前两块相对比较好理解，如果自己实践的话，只需要机器满足、时间满足，按照一定流程规范操作基本没问题，是一项体力活（当然中小企业一般会选择云测/众测平台），这里我们重点对屏幕分辨率适配相关原理和方法进行细述，同时对兼容性的整体流程进行总结。

✧ 兼容性测试概览

图 8-32 所示为一个标准的兼容性测试网络拓扑图，我们在云测平台上进行兼容性测试一

般都是采用这样一个通用结构，具体流程涉及脚本定制、创建 Task、运行测试、结果比较及输出展示。

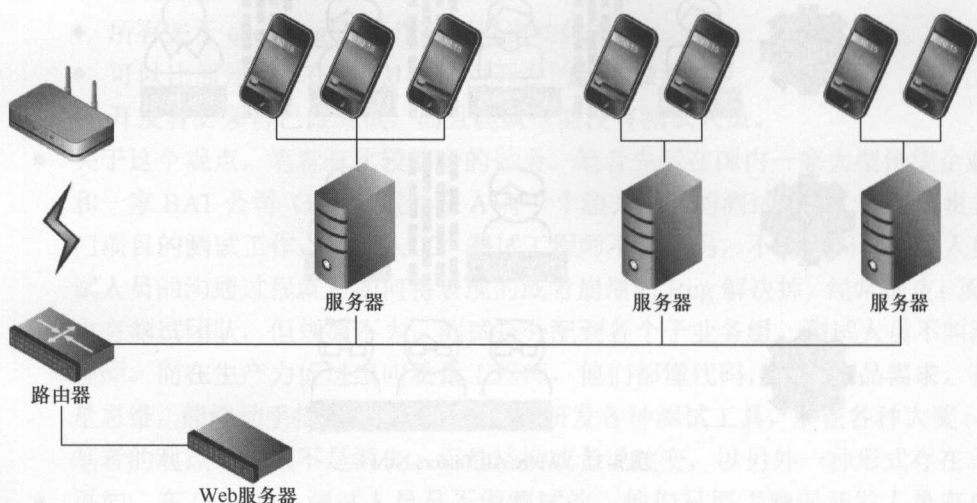


图 8-32 兼容性测试网络拓扑图

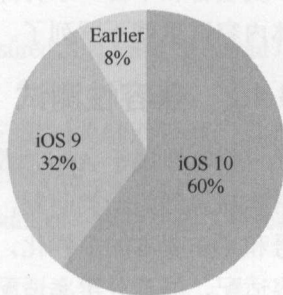
◇ 手机 CPU 和 CPU 架构

- 手机 CPU。目前主流的手机 CPU 厂商有高通、MTK（联发科）、三星、苹果（A 系列）、Intel、TI（德州仪器）、Marvell、Nvidia、华为等，前四者号称 CPU 厂商中的 ARM 架构中的“四国鼎立”，Intel 主要面对 x86 架构。
- CPU 架构。指令集可分为复杂指令集（CISC）和精简指令集（RISC）两部分，代表 CPU 架构有 x86、ARM 和 MIPS。

◇ 市场上 OS 版本分布

- iOS。图 8-33 所示为 Apple 官网公布的当前 iOS 各个版本分布，目前有 60% 的设备使用 iOS 10（数据统计时间截至 2016 年 10 月）。
- Android。图 8-34 所示为 Google 官方公布的当前 Android 版本分布图，其中 4.4、6.0 和 5.1 系统占据了 70% 以上的市场，特别是 Android 6.0，目前已经占 24% 的市场份额（数据统计时间截至 2016 年 11 月），记得 2016 年 1 月时，还只是首次突破 1%，几个月时间，增长速度惊人。

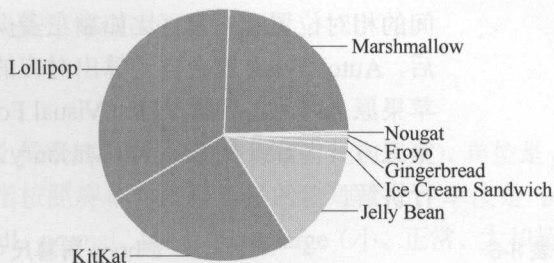
60% of devices are using iOS 10.



As measured by the App Store on October 25, 2016.

图 8-33 iOS OS 版本分布

Version	Codename	API	Distribution
2.2	Froyo	8	0.1%
2.3.3-2.3.7	Gingerbread	10	1.3%
4.0.3-4.0.4	Ice Cream Sandwich	15	1.3%
4.1.x	Jelly Bean	16	4.9%
4.2.x		17	6.8%
4.3		18	2.0%
4.4	KitKat	19	25.2%
5.0	Lollipop	21	11.3%
5.1		22	22.8%
6.0	Marshmallow	23	24.0%
7.0	Nougat	24	0.3%



Data collected during a 7-day period ending on November 7, 2016.
Any versions with less than 0.1% distribution are not shown.

图 8-34 Android OS 版本分布

◇ 屏幕分辨率适配 (iOS 篇)

■ 基本概念和原理

- ◆ 点 (Point)，简写 pt，这是 iOS 中引入的单位，也是一个虚拟的单位，并非实际存在的，也称虚拟点。开发过程中所有基于坐标系的绘制都是以点作为单位，用点这个单位，可以屏蔽各个屏幕设备的不同，兼容以前的程序。在 iPhone 2G/3G/3GS 年代，点和屏幕上的像素是完全一一对应的，即 640 点×960 点，也是 640 像素×960 像素。
- ◆ 像素 (Pixel)，也称物理像素，简写 px，是设备屏幕实际像素，比如 iPhone 4 是 640 像素×960 像素。
- ◆ 渲染像素 (Rendered Pixel)，像素分辨率，即我们常见的@1x、@2x、@3x，用于将基于点的坐标系渲染成基于像素的坐标系。
- ◆ 屏幕尺寸，手机屏幕的物理长度，单位是英寸 (inch)。比如 iPhone 4 屏幕尺寸是 3.5 英寸，iPhone 5 是 4 英寸，iPhone 6 是 4.7 英寸。
- ◆ 图像分辨率 (PPI)，英文是 Pixels Per Inch，也称屏幕像素密度，表示图像中每英寸包含的像素数目。

■ 屏幕分辨率适配方法

- ◆ iPhone 屏幕尺寸关系如表 8-6 所示。从 iOS 6+ 系统后，iOS 开发中可以采用一种 AutoLayout 技术，AutoLayout 就像网页一样，指定 View、Button、Text 之

间的相对位置和约束，比如靠左多少、靠右多少、居中多少等，指定约束条件后，AutoLayout 就会自动算出对应的布局。AutoLayout 的实现有很多种，包括苹果原 API，之后的 VFL（Visual Format Language），再后的 Storyboard，以及第三方开源库（如 SnapKit/Masonry）等，我们这里以 SnapKit 为例对其使用进行讲解。

表 8-6 iPhone 屏幕尺寸关系

机型	点/pt	物理像素/px	渲染像素/px	尺寸/inch	屏幕像素密度/PPI	模式
iPhone 2/3/3GS	320×480	320×480	320×480	3.5	163	@1x
iPhone 4/4s	320×480	640×960	640×960	3.5	326	@2x
iPhone 5/5s	320×568	640×1136	640×1136	4	326	@2x
iPhone 6/6s/7	375×667	750×1334	750×1334	4.7	326	@2x
iPhone 6P/6sP/7P	414×736	1080×1920	1242×2208	5.5	401	@3x

注：更多详细资料请参考 The Ultimate Guide To iPhone^[22]。

- ◆ SnapKit 是一个第三方开源库，其对应 OC 版本为 Masonry，使用如下。
 - 安装 pod install。
 - 使用 left/right/top/bottom、centerX/centerY 等对控件进行位置约束，使用 makeConstraints/updateConstraints 对约束进行设置或更新，例如下述代码。

```
import SnapKit
class XXViewController: UIViewController {

    lazy var mContentTitle: UILabel = {
        let label = UILabel()
        label.font = UIFont.systemFont(ofSize: 16)
        label.numberOfLines = 1
        label.lineBreakMode = NSLineBreakMode.byTruncatingTail
        label.textColor = UIColor(c:0xff0000,a: 1.0)
        label.textAlignment = NSTextAlignment.left
        return label;
    }()

    override func viewDidLoad() {
        super.viewDidLoad()
        self.view.addSubview(box)
        mContentTitle.snp.makeConstraints { (make) -> Void in
            make.width.height.equalTo(30)
            make.center.equalTo(self.view)
        }
    }
}
```

- 注意，SnapKit 中并不局限于只能用 equalTo，其他还可以用 lessThanOrEqualTo（小于或等于）、greaterThanOrEqualTo（大于或等于），非常灵活。例如，make.height.greaterThanOrEqualTo(120)，这样可以保证高度大于或等于 120 pt，

主要用在一些需要动态调整控件高度的场合。

◇ 屏幕分辨率适配 (Android 篇)

■ 基本概念和原理

- ◆ 分辨率 (Resolution), 指屏幕上像素的总数量 (横向像素 × 纵向像素), 单位是 pixel。
- ◆ 屏幕尺寸 (Screen Size), 指按照屏幕对角线衡量的物理尺寸, 单位是 inch, Android 常见设备尺寸有 small、normal、large、extra large (小、正常、大和超大)。
- ◆ 屏幕密度 (Screen Density), 单位长度上的像素数, 通常被称为 DPI (Dots Per Inch)。在同样的一个区域里, 密度低的屏幕拥有的像素会比中、高密度更少。Android 将屏幕密度分为 6 种, 分别为 ldpi ($\approx 120\text{dpi}$)、mdpi ($\approx 160\text{dpi}$)、hdpi ($\approx 240\text{dpi}$)、xhdpi ($\approx 320\text{dpi}$)、xxhdpi ($\approx 480\text{dpi}$) 和 xxxhdpi ($\approx 640\text{dpi}$)。
- ◆ 密度无关像素 (Density-Independent Pixel, DIP), 也称为独立像素密度, 简称为 dp, 用来定义 UI 布局的虚拟像素单位, 和屏幕密度、像素无关。标准是 160dpi, 即 1dp 对应 1 个 pixel, 计算公式为: $\text{px} = \text{dp} \times (\text{dpi}/160)$ 。屏幕密度越大, 1dp 对应的像素点越多 (即 1dp 相当于屏幕密度为 160dpi 的物理屏幕上的一个点)。
- ◆ 屏幕方向 (Orientation): 当前屏幕的方向, 横屏 (landscape) 或竖屏 (portrait)。

■ 屏幕分辨率适配方法

- ◆ 图 8-35 所示为 Android 官方提供的屏幕尺寸关系图, 而 Android 的开源以及多厂商定制化造成了其屏幕的多样性, 碎片化非常严重。Android 屏幕适配一直是 Android 程序员讨论的基础话题, 以笔者的经验来说, Android 屏幕适配还是比较简单的, 归纳一点即尽量让设计师直接出基于 dp 的设计图, 然后结合下面的适配原则和方法即可。如果设计师只提供 px 设计图, 那大家可以参考 Google 的百分比库 percent-support-lib 或者鸿洋兄弟的 AndroidAutoLayout 来转换。下面是笔者常用的 Android 屏幕适配原则和方法。
- 多用 weight, 可以使 UI 元素根据屏幕自适应。
- 在 XML 布局文件中指定尺寸时使用 wrap_content、match_parent 或 dp 单位。例如, layout_width="100dp" 的视图在中密度屏幕上测出宽度为 100 像素, 在高密度屏幕上系统会将其扩展至 150 像素宽, 因此视图在屏幕上占用的物理空间大约相同。
- 不要在应用代码中使用硬编码的像素值。
- 不要使用 AbsoluteLayout。AbsoluteLayout 会强制使用固定位置放置其子视图, 很容易导致用户界面在不同显示屏上显示效果不好。注意 AbsoluteLayout 在 Android 1.5 (API 级别 3) 上便已弃用。
- 为不同屏幕密度提供替代位图可绘制对象。
- 使用 Google 的百分比控件来实现自动适配。

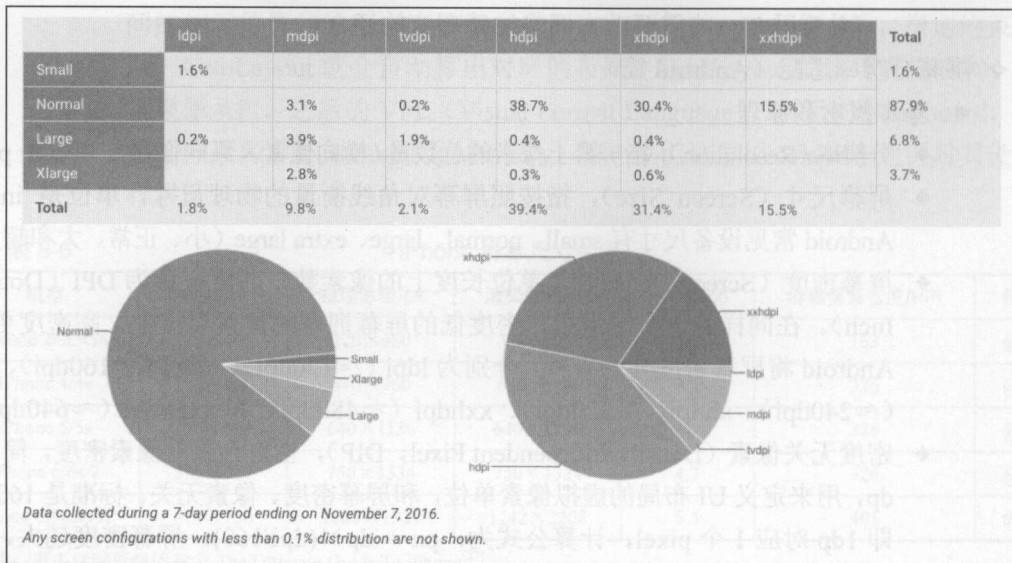


图 8-35 Android 屏幕尺寸关系

◇ 弱网和网络切换测试

- 弱网。弱网简单理解就是网络状态不稳定等，低于 2G 速率的时候都属于弱网，一般 Wi-Fi 不纳入弱网测试范围。
- 网络切换测试。这个简单，就是在 4G/3G/2G 和 Wi-Fi 网络的切换下测试我们应用的功能。
- 弱网测试方法。弱网测试的方法比较多，我们这里分为手机模拟操作和第三方工具模拟操作两种，具体如下。

◆ 方法 1：手机模拟操作

● iOS

(1) iPhone 手机中，可以在手机→设置→开发者→Network Link Conditioner→Very Bad Network 中进行设置和配置弱网环境，如图 8-36 所示，各参数含义如下。

- ① In bandwidth：下行带宽。
- ② In packet loss：下行丢包率。
- ③ In delay：下行延迟，单位为 ms。
- ④ Out bandwidth：上行带宽。
- ⑤ Out packet loss：上行丢包率。
- ⑥ Out delay：上行延迟。
- ⑦ DNS delay：DNS 解析延迟。
- ⑧ Protocol：协议，可选 Any、IPv4 和 IPv6。

⑨ Interface: 接口, 可选 All、Wi-Fi 和 Cellular (蜂窝网)。

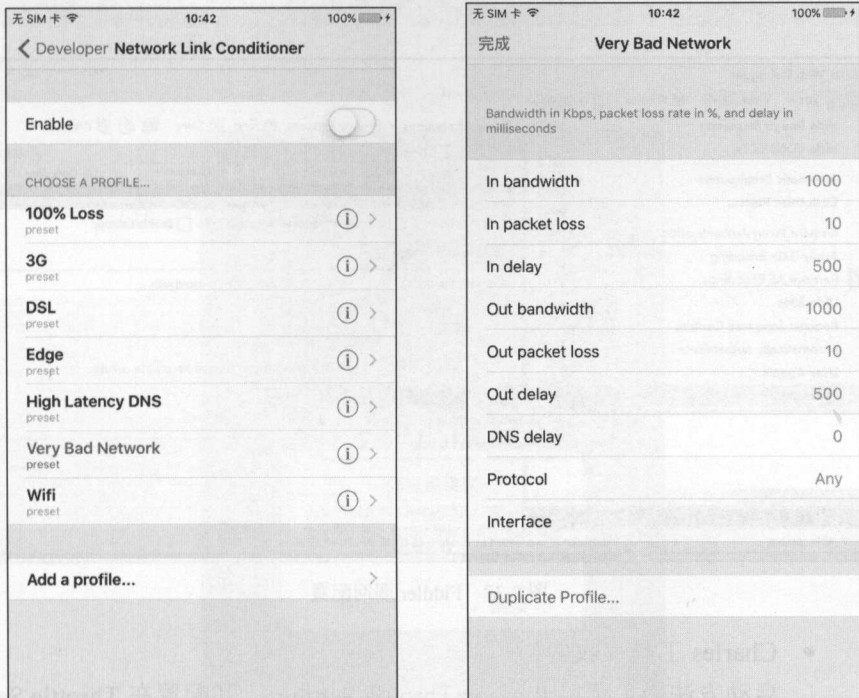


图 8-36 iPhone 弱网设置

(2) 模拟器, 可以使用 Xcode 自带的 Network Link Conditioner 工具, 模拟不同的网络连接和带宽。

- Android

(1) Android 手机, 由于手机品牌型号较多, 没有一个通用的路径, 一般是在手机→设置→移动网络设置→网络类型选择中, 对 SIM 卡进行网络切换, 如只使用 2G 网络、只使用 3G 网络、3G 网络优先等。

(2) Android 模拟器, 可以通过 net speed 命令设置-netdelay <delay>的延迟时间来实现网络速度控制。

- ◆ 方法 2: 第三方工具模拟操作

- Fiddler 工具

启动方法: Rules→Performance→勾选 Simulate Modem Speeds, 如图 8-37 所示。具体网速在 Rules→Customize Rules 中配置 CustomRules.js 文件, 其原理是通过控制每上传/下载 1KB 的数据要延迟的时间来控制网速, 具体代码如下。

```
if(m_SimulateModem) {
    // Delay sends by 500ms per KB uploaded.
```



```
oSession["request-trickle-delay"] = "500";
// Delay receives by 200ms per KB downloaded.
oSession["response-trickle-delay"] = "200";
}
```

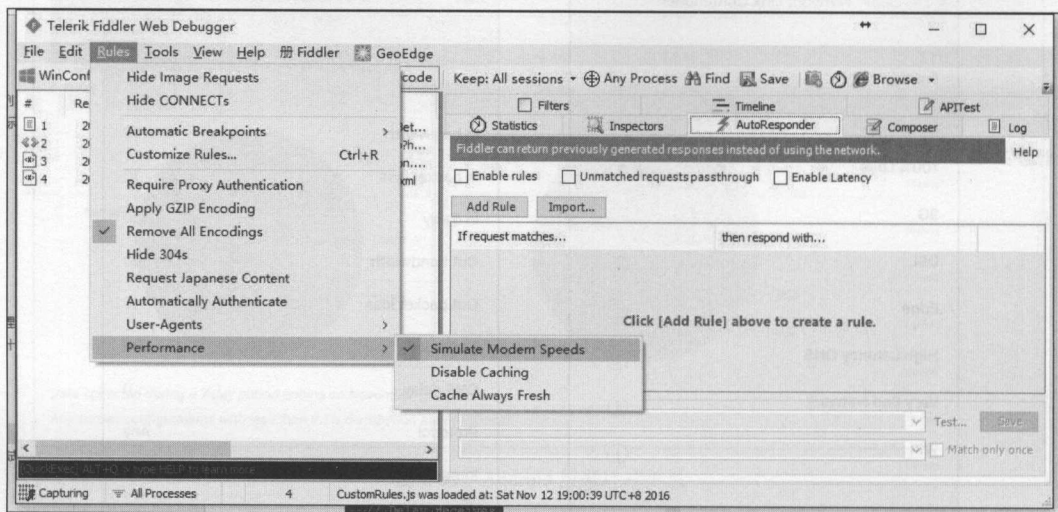


图 8-37 Fiddler 弱网配置

• Charles 工具（收费）

启动方法：主菜单 Proxy→Throttle Settings。其配置在 Throttle Settings 页面中设置（通过设置上下行的带宽和往返延迟来模拟自己需要的网速）。

◇ 低电量测试

■ iOS

- ◆ iOS 9 后，Apple 为 iPhone 添加了低电量模式，用户手动开启后，在低电量下会自动关闭邮件收发、Siri、后台消息推送等耗电功能，来延长电池使用时间，如图 8-38 所示。
- ◆ App 可以通过 `NSProcessInfo` 类来主动去判别 iPhone 当前是否进入了低电量模式，代码如下。

```
if NSProcessInfo.processInfo().lowPowerModeEnabled {
    // do sth. here
}
```

- ◆ App 也可以通过接收 `NSProcessInfoPowerStateDidChangeNotification` 通知来监听用户切换进入低电量模式，代码如下。

```
// viewDidLoad 注册通知
NSNotificationCenter.defaultCenter().addObserver(self,
    selector: #selector(didChangePowerMode(_)),
    name: NSProcessInfoPowerStateDidChangeNotification,
    object: nil)

// 接收通知消息
```

```
func didChangePowerMode(notification: NSNotification) {
    if NSProcessInfo.processInfo().lowPowerModeEnabled {
        // low power mode on
    } else {
        // low power mode off
    }
}
```

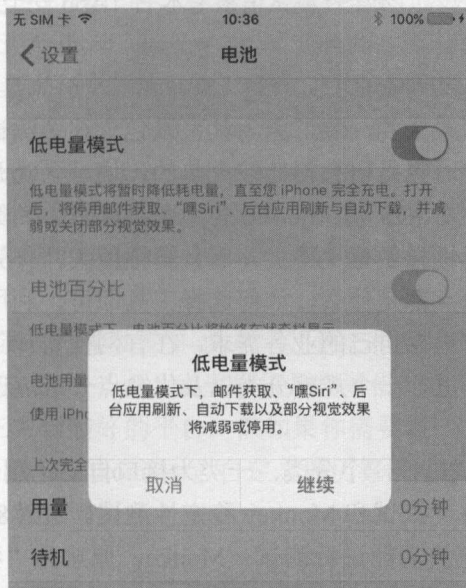


图 8-38 iPhone 低电量配置

■ Android

- ◆ Android 中可以直接监听电池电量值信息，在程序中注册 `BroadcastReceiver` 广播接收即可，具体广播如下。

```
Intent.ACTION_BATTERY_CHANGED // 电池电量发生改变时
Intent.ACTION_BATTERY_LOW // 电池电量达到下限时, 0~100
Intent.ACTION_BATTERY_OKAY // 电池电量从低恢复到高时
```

- ◆ 注意，持续监听电池电量对电池的影响比 App 的正常行为还要大，会适得其反，所以，一般只监听剩余电量的指定级别的改变（进入或离开低电量状态），如下监听进入或离开低电量状态时。

```
<receiver android:name="xx.xxReceiver">
    <intent-filter>
        <action android:name="android.intent.action.ACTION_BATTERY_LOW"/>
        <action android:name="android.intent.action.ACTION_BATTERY_OKAY"/>
    </intent-filter>
</receiver>
```

- ◆ 如果需要主动获取，可以通过下面代码。

```
int level = batStatus.getIntExtra(BatteryManager.EXTRA_LEVEL, -1); // 当前剩余电量
int scale = batStatus.getIntExtra(BatteryManager.EXTRA_SCALE, -1); // 电量最大值
float batPct = level / (float)scale; // 电量百分比
```

8.4.3 性能和安全性测试

性能和安全性测试是我们测试中重要的两块，但这里我们不讨论，因为我们做性能优化和安全逆向相关方法和原理讨论时，必然涉及对应的性能测试和安全性测试，性能测试请参考本书“App 性能优化系列”章节中对应内容；安全性测试请参考本书“App 安全逆向系列”章节中对应内容。

8.4.4 自动化测试

自动化测试是测试里面最大的一块，因为其可以包含很多测试专项，例如单元测试、用例测试、稳定性测试等，同时也是研究得比较火热的一块，各类开源工具和第三方开放平台层出不穷。笔者本来计划针对 iOS 和 Android 各选取几款官方和第三方常用的以及自己在用的工具进行介绍，后面觉得这样做意义不大，而且篇幅巨大，作为架构师，我们知道有哪些工具分别可以做什么，优缺点都是什么，如何选择工具即可，利用我们在前面章节中谈到的 Key-Words 学习方法，大家根据自己的业务需求，在官网搜索一下使用文档即可快速集成，所以这里仅对这些常见工具进行一个规整分类以及优缺点分析点评。

◇ 自动化测试分类

我们将 App 自动化测试进行一个分类，一类为接口自动化测试，另一类为 UI 自动化测试，UI 自动化测试又包含单元测试和 Monkey 稳定性测试，如图 8-39 所示。单元测试是最基础的，通过用例针对基础模块功能进行测试；Monkey 原意为“猴子”，就是像猴子一样在 App 上乱点，主要是针对 App 稳定性进行测试。接口自动化测试主要是以验证逻辑为目的进行的，验证 App 与后台接口之间连接交互点的服务。

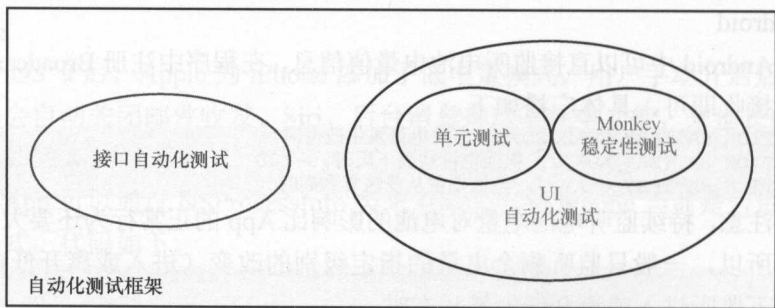


图 8-39 App 自动化测试分类

◇ Monkey 稳定性测试

- Android 平台。Android 平台下 Monkey 系列工具主要有 Monkey 和 MonkeyRunner，另外还有同时支持 Android 和 iOS 平台的，例如需要插码的 MonkeyTalk 等。
- ◆ Monkey 是 Android SDK 自带的，测试过程中通过向系统发送伪随机的用户事件流（如按键、触摸、手势输入等），实现对 App 的压力测试，运行在设备或

模拟器的 adb shell 环境中，其测试事件和数据是基于坐标定位，是随机的，不能自定义，无法截屏操作，不支持插件扩展，不支持录制回放。

- ◆ MonkeyRunner 号称 Monkey 之子，提供强大的 API，支持截屏和录制回放，无须源码、无须编译直接运行，基于 Python 脚本来执行命令操作，其也是基于控件坐标进行定位操作的，存在不稳定性 and 回放失败等。
- iOS 平台。不同于 Android Monkey，iOS SDK 原生并没有提供对 Monkey 的支持，只能通过第三方工具来补充。常见的工具有 UI AutoMonkey 和 Smart Monkey 等。
- ◆ UI AutoMonkey 是通过产生随机事件，由 instruments 来驱动操作完成 monkey 事件。
- ◆ Smart Monkey 是基于 UI AutoMonkey 进行的进一步封装，支持真机模拟器测试，集成了 Crash 收集和测试设备信息收集功能，同时修改了 UI AutoMonkey.js 中的截图策略，可以为每个 Event Action 进行截图，需要安装 Ruby 环境。

◇ UI 自动化测试框架

常见的 App UI 自动化测试框架如图 8-40 所示，各个框架/工具的特性、支持平台和优缺点等在表 8-7 中进行了规整。总结一点，如果你只是想要借助自动化测试来检测自家 App 质量相关，可以选择很多第三方封装好的平台；但如果你需要做一个自动化测试平台，建议从原生出发封装，如 Android 的 UIAutomator，自定义遍历算法（深度/广度优先等），这样可以更深层次、更智能地实现自动化遍历。

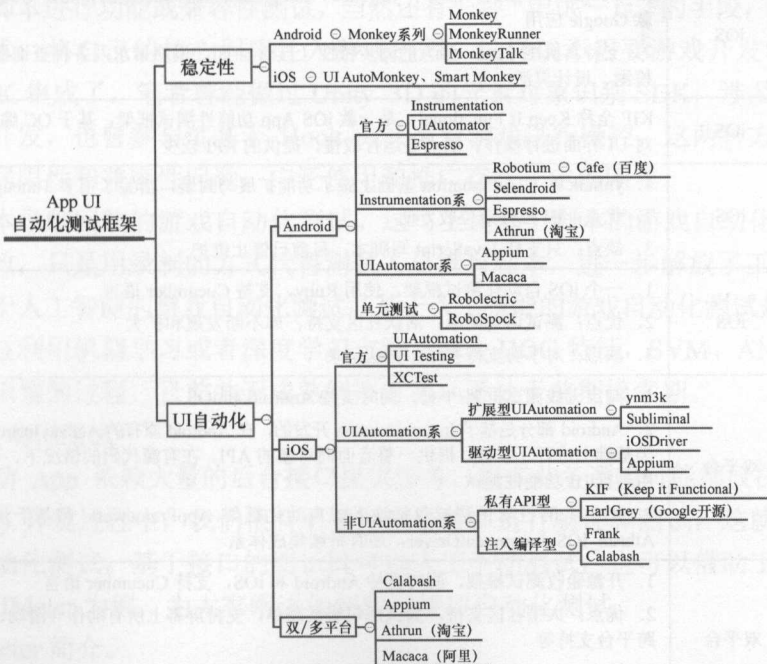


表 8-7

App UI 自动化测试框架/工具纵览

工具名	支持平台	描 述
Instrumentation	Android	<ol style="list-style-type: none"> 1. 这是 Google 提供的测试工具，是 Android SDK 自带的，基于源码进行脚本开发，是很多其他测试框架的基础，有丰富的高层封装，测试稳定性好，可移植性高 2. 缺点：只能进行单个 Activity 测试，需要应用相同签名，需要源码支持，不支持跨应用 3. 官方链接：https://developer.android.com/reference/android/app/Instrumentation.html
UIAutomator	Android	<ol style="list-style-type: none"> 1. Google 提供的测试框架，目前 Android 平台最佳的 UI 自动化测试框架之一 2. 优点：可以模拟用户对手机的各种行为，无须签名，无任何 Activity 限制，支持跨应用 3. 缺点：只适合 Android 4.1+ 系统（API 16+）；暂不支持 Web 视图；不支持脚本记录
Robotium	Android	<ol style="list-style-type: none"> 1. 基于 Instrumentation 二次封装的开源测试框架，主要用于验收测试场景 2. 优点：使用 Java，测试脚本编写容易，易用性高；自动跟随当前 Activity，支持 Activities、Dialogs、Toasts、Menus 等 Android SDK 控件；运行时绑定 GUI 组件，相比 Appium 测试执行更快、更强大；支持 Native 和 Hybrid 应用类型；无须源代码支持 3. 缺点：无法处理 Flash 和 Web 组件；在旧设备上会变得很慢
Espresso	Android	基于 Instrumentation，Google 开源的自动化测试框架；不支持跨应用
XCTest	iOS	Apple 官方提供，iOS 7 和 Xcode 5 中引入的一个测试框架，遵循 xUnit 风格，与 Xcode 深度集成，有专门导航栏操作，同时受限于官方 API，功能不丰富
UIAutomation	iOS	Apple 官方提供的 UI 自动化测试解决方法，本质是一个 JavaScript 类库，支持真机和模拟器，无须源码；但只能使用 JavaScript 写脚本，冗长乏味
Subliminal	iOS	基于 UIAutomation 扩展的测试框架
EarlGrey	iOS	<ol style="list-style-type: none"> 1. Google 开源工具，已用于 YouTube、GoogleCalendar、Google Photos、Google Play Music 等多款 Google 应用 2. 支持真机跑 Case、强大的同步特性（自动与 UI、网络请求及各种查询保持同步）、可见性检测、设计灵活
KIF	iOS	KIF 全称 Keep It Functional，是一款 iOS App 功能性测试框架，基于 OC 编写，使用私有 API 对 UI 界面进行操作；缺点是运行较慢，提供的 KPI 较少
ynm3k	iOS	<ol style="list-style-type: none"> 1. ynm3k 在 UIAutomation 基础上做了功能扩展与封装，借鉴了很多 TuneUpJs 思想 2. 优点：UI 控件定位较方便 3. 缺点：只支持 JavaScript 写脚本，目前已停止维护
Frank	iOS	<ol style="list-style-type: none"> 1. 一个 iOS 自动化测试框架，使用 Ruby，支持 Cucumber 语言 2. 优点：测试语句简单；活跃社区支持；库不断发展和扩大 3. 缺点：对手势支持有限；无法记录
Athrun	双平台	<ol style="list-style-type: none"> 1. 淘宝无线测试框架/平台，同时支持 Android 和 iOS。 2. Android 部分是基于 Instrumentation 开发的，在 Android 原有的 ActivityInstrumentationTestCase2 类基础上进行了扩展，提供一整套面向对象的 API。在有源代码的情况下，可以很方便地对应用进行 UI 功能性测试 3. iOS 上的自动化测试包括注入式自动化框架 AppFramework 和基于录制的自动化框架 Athrun_IOS、InstrumentDriver，还有持续集成体系
Calabash	双平台	<ol style="list-style-type: none"> 1. 开源验收测试框架，同时支持 Android 和 iOS，支持 Cucumber 语言 2. 优点：大型社区支持，测试语句极其简单，支持屏幕上所有动作（滑动、缩放、旋转等），跨平台支持等 3. 缺点：仅对 Ruby 语言支持较好；测试前总是先默认安装 App，测试时间很长；测试过程中任何一步失败将跳过后续所有步骤；需要 iOS 代码等

续表

工具名	支持平台	描 述
Appium	多平台	1. Sauce Labs 的开源，跨平台自动化测试工具，支持 Native App、Hybird App、Web App，支持 Android 和 iOS，支持跨平台（Windows/Linux/Mac）部署，支持多种语言编写测试用例（Python/Java/C#/Ruby 等），基于 UIAutomation 二次封装，扩展了 WebDriver，避免了重复造轮子 2. 优点：无须访问源代码；大型社区支持，社区活跃；跨平台多类型多语言 3. 缺点：依赖 OS X 专用的库来支持 iOS 测试，所以无法在 Windows 平台测试 iOS App
Macaca	多平台	阿里开源的完整自动化测试解决方案，同时支持移动端和 PC 端，支持 Native、Hybrid、H5 等多种应用类型，并且能提供客户端工具和持续集成服务

另外，如果针对游戏或者 Hybrid App/Web App，你需要借助其他方案（如图像识别等）来定位 View 相关控件，其中游戏的自动化遍历较为麻烦，业界公开的方法甚少，笔者之前有专门的研究和设计开发，核心思路大概有下面几种。

- ◆ 基于图像识别的游戏自动化测试。核心是通过截屏获取图片，然后对图片进行 OCR 识别获取文字信息，受限于算法的精度，不太可能执行很深层次的遍历，且对于功能性的自动化测试很难执行。
- ◆ 基于脚本的游戏自动化测试。这是目前国内几大主流游戏测试公司采取的方法，技术都不公开，核心是对游戏引擎 UI 元素的识别，一般需要和游戏引擎商直接合作或者提供可以识别 UI 对象的 SDK 给游戏开发者/开发商集成。测试人员通过撰写脚本进行功能或兼容性测试，当然还有一种“流氓一点”的手段，直接利用 Hook 技术，将自己的核心程序注入游戏进程，这样就不需要游戏开发者/开发商进行 SDK 集成了。笔者曾经做过 Unity 3D 的元素对象识别 SDK，涉及多平台跨领域的开发，也曾参与过基于 Hook 方式来对游戏进行操控，这两种方法都具有一定的局限性和兼容性问题，广泛使用和推广存在一定的困难。
- ◆ 基本录制回放的游戏自动化测试。这与上述基于脚本的游戏自动化测试核心思想一致，只是用录制的方式代替测试人员撰写脚本，进一步解放了工程师双手。
- ◆ 基于人工智能的游戏自动化测试。基于人工智能的游戏自动化测试是一种新思路，通过利用机器学习或者深度学习方法，结合 HOG 特征，SVM、ANN 等来自学习自识别的过程，目前并无成熟解决方案，还处于前期摸索期。

◇ 接口自动化测试

- 移动 App 依赖大量的后台接口提供服务，很多业务逻辑可能都放在后台实现，在 App 开发过程中，我们很有必要对后台接口进行验证和测试，这就产生了接口的自动化测试。基于接口的测试既可以人工手动测试，也可以借助工具践行，这里以 JMeter 为例，为大家阐述如何实行接口自动化测试。
- JMeter 简介。
 - ◆ JMeter 是 Apache 软件基金会下的一个子项目，完全免费和开源。它是一款 Java

桌面应用程序，用户界面采用 Swing Java API 实现，可以进行配置和执行负载测试、性能测试和压力测试，支持跨平台（Windows/Linux/Mac）部署，同时支持并发和多线程或者线程组的执行。

- ◆ 支持协议包括 Web（HTTP、HTTPS）、SOAP/REST，支持 Web 服务、FTP 服务、通过 JDBC 驱动的数据库、路径服务 LDAP、基于 JMS 的面向消息的服务、邮件服务（SMTP(S)，POP3(S)、IMAP(S))、Native commands or shell scripts 和 TCP。
- 下载、安装和运行。
 - ◆ 配置 Java 环境。
 - ◆ 下载、安装 JMeter。下载后，解压缩到指定目录即可。
 - ◆ 运行，Windows 下运行 jmeter.bat，Mac 下运行 jMeter，运行后 GUI 启动界面如图 8-41 所示（如果不需要 GUI 界面，则运行 jmeter-n）。

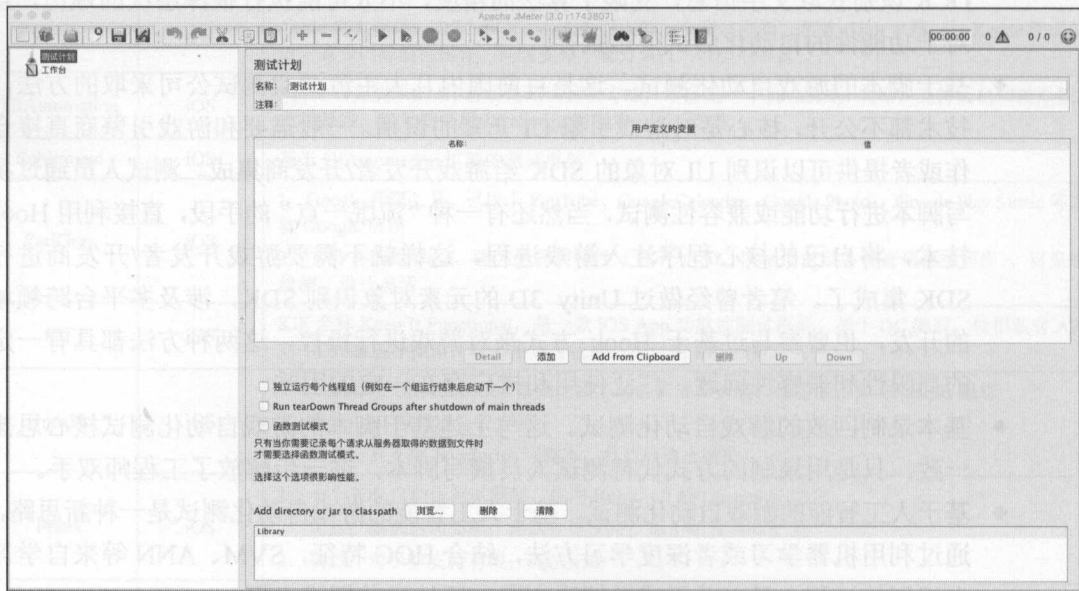


图 8-41 JMeter 启动界面

- 使用 JMeter 完成接口自动化测试。
 - ◆ 创建 JMeter 测试计划（用例）。
 - 添加线程组，配置好线程组的线程数（一个线程表示一个虚拟用户）、线程启动时间、循环次数。
 - 添加 HTTP 请求，在 Web 服务器中填入请求服务器的地址和端口号，再添加好请求方式（POST/GET 等）及请求参数。

- 如果有 HTTP 头，再添加一个 HTTP 信息头管理组件。
- 添加响应断言，用来判断网络的返回数据是否符合要求。例如，我们可以添加一个断言来检查返回信息中是否包含关键字“errMsg”，以此来判断错误信息，原则上每个请求都加一个响应断言来判断是否达到期望。
- 添加监听器，监听器一般可以选择结果树和聚合报告。
- 运行。

(1) 手动单击工具上的“运行”按钮执行测试计划。

(2) 命令运行方式：`jmeter -n -t xx.jmx -l xx.jtl`，其中 `xx.jmx` 为用例文件，`xx.jtl` 为报告文件。

- 建议大家对用例进行分层管理^[10]，这样在用例不断增加的情况下，能够保持清晰的逻辑，也能很好地处理接口的更新。

◆ Jenkins 上配置 JMeter 并以图标展现。

- 增加运行脚本（Execute Shell commands），具体代码如下。

```
# remove previous reports
rm jmeter/reports/*.jtl -f

# run tests
$JMETER_PATH/jmeter -n
-t PATH/xx.jmx
-l PATH/xx.jtl
-p PATH/user.properties
```

在 `user.properties` 中设定输出 `.jtl` 报告为 `xml` 格式（默认是 `csv` 格式），代码如下。

```
jmeter.save.saveservice.output_format=xml
```

- 增加 JMeter 插件 Performance Plugin，Performance 将 `.jtl` 报告以图形方式进行展示，如图 8-42 所示。

◆ Gradle 中集成 JMeter。

- 使用 `jmeter-gradle-plugin`，具体代码如下。

```
plugins {
    id "net.foragerr.jmeter" version "1.0.5-2.13"
}
```

- 配置 JMeter 插件，代码如下。

```
jmeter {
    jmTestFiles = [file("src/test/jmeter/xx.jmx")] //if jmx file is not in the
    default location
    jmSystemPropertiesFiles= [file("src/test/jmeter/jmeter.properties")]
    //to add additional system properties
    enableExtendedReports = true //produce Graphical and CSV reports
}
```

◇ 关联介绍

- 丁如敏、盛娟在《腾讯 Android 自动化测试实战》^[12]一书中介绍了腾讯移动品质中心（TMQ），结合腾讯自身业务实践，选择了有代表性的 4 个开源框架（Monkey、Robotium、UIAutomator、Appium）进行重点讲解以及项目实践。

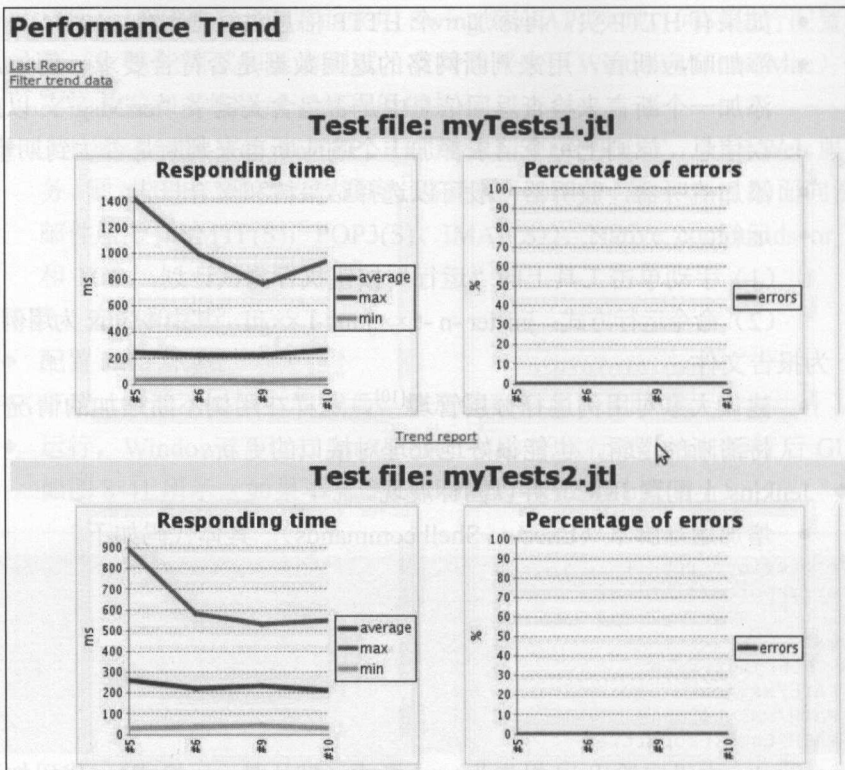


图 8-42 JMeter 在 Jenkins 上的报告呈现

- 蚂蚁金服高级测试专家邱鹏在《移动 App 测试实战》^[10]一书中对自动化测试分 Android 和 iOS 进行了介绍，Android 工具中介绍了 Google 官方的 Instrumentation 和 UIAutomator，以及基于 Instrumentation 和 UIAutomator 的封装工具 Robotium 和 Appium，同时简单介绍了基于系统事件和基于图像识别的 UI 自动化测试；iOS 中介绍了 Automation 和开源的 Appium。
- 联想许奔在《深入理解 Android 自动化测试》^[13]一书中根据作者在联想的实践总结了 Monkey、MonkeyRunner、Instrumentation、UIAutomator 和 CTS（兼容性测试工具）的原理、使用及实践。
- 牟崑在《iOS 测试指南》^[11]一书中介绍了官方的 UIAutomation 和 Instruments，以及第三方工具 TuneupJs 和 ynm3k 的使用及实践。
- 陈晔、张立华在《大话 App 测试 2.0》^[14]一书中详细介绍了 Appium 的原理及使用。

8.4.5 A/B Testing

人生没有 AB 可选，但 App 是可以的。A/B 测试（A/B Testing），简单来说，就是为同一

个目标制定两个方案（比如两个页面），让一部分用户使用 A 方案，另一部分用户使用 B 方案，记录下用户的使用情况，看哪个方案更符合设计目标。A/B Testing 是在移动 App 上验证产品方案的有力工具，可用于视觉 UI 选择、某个功能页面转换率判断等。例如，验证一个功能，方案 A 和方案 B 哪种用户更加接受和认可；再如，判断新功能的加入对产品各个指标的影响程度等。图 8-43 形象地说明了 A/B Testing。

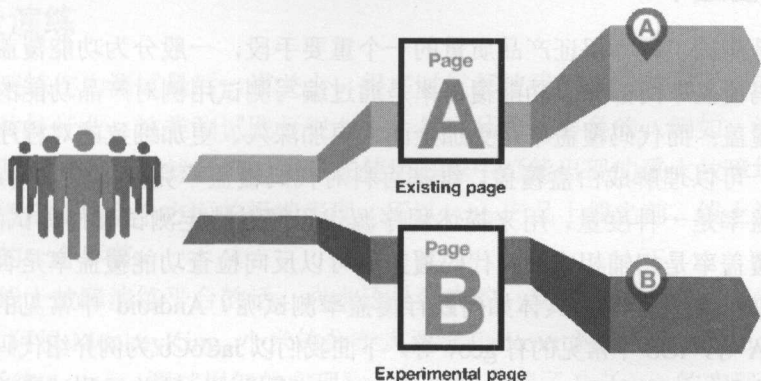


图 8-43 A/B Testing

图 8-44 所示为 A/B Testing 实现原理和方法，从左到右分别为客户端、服务端、数据层和数据仓库，而从下到上分别代表了 3 种访问方式——无 A/B Testing 访问流程、基于后端的 A/B Testing 访问流程、基于前端的 A/B Testing 访问流程。基于后端的访问流程是通过后端统计数据来反馈和分析 A/B Testing 数据流，而基于前端的访问流程是直接通过客户端 UI 来实现 A/B Testing。

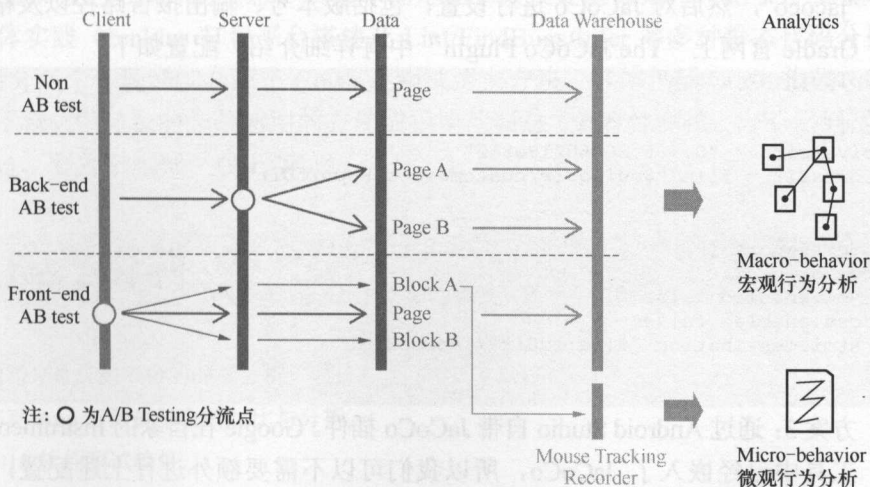


图 8-44 A/B Testing 实现原理和方法

关于 A/B Testing 工具, *5 Rules & 10 Tools for Mobile App A/B Testing* 一文中提到了 10 种, 分别为 Optimizely、Five Second Test、Apptimize、Google Analytics Experiments、Kissmetrics、Adobe Target、Convert Experiment、Vanity、Maxymiser 和 Change Again, 大家在做产品的过程中, 如果需要做 A/B Testing, 可以尝试使用。

8.4.6 代码覆盖率

覆盖率也是测试工程师保证产品质量的一个重要手段, 一般分为功能覆盖率(也称需求覆盖率)和代码覆盖率两部分。功能覆盖率是通过编写测试用例对产品功能的验证, 可以简单理解成黑盒覆盖; 而代码覆盖率是更加全面、更加深入、更加细致的对程序代码逻辑和输入输出的验证, 可以理解成白盒覆盖。维基百科对代码覆盖率完整的定义为: “在计算机科学中, 代码覆盖率是一种度量, 用来描述程序源代码经过特定测试套件测试的程度。” 代码覆盖率和功能覆盖率是相辅相成的, 代码覆盖率可以反向检查功能覆盖率是否充分完整, 所以一般我们仅说代码覆盖率。具体如何践行覆盖率测试呢? Android 中常见的第三方工具有 JaCoCo、EMMA 等, iOS 中常见的有 gcov 等, 下面我们以 JaCoCo 为例介绍代码覆盖率测试。

JaCoCo, 全称 Java Code Coverage, 是 Eclemma 提供的一种单元测试覆盖率的工具, 通过它可以测试我们代码中哪些部分被单元测试测试到, 哪些部分没有测试到, 以百分比呈现整个单元测试覆盖情况。在 Android 上, JaCoCo 的实践有多种方案, 分别如下。

在 Android Studio 上, 我们可以通过 JaCoCo 插件实现。

- 方案 1: 通过 Ant 方式。大家可以参考腾讯 TMQ 的“Java 代码覆盖率工具 JaCoCo: 实践篇”^[6], 这也是 JaCoCo 官方文档上介绍的方式。
- 方案 2: 通过 Gradle 集成 JaCoCo 插件。通过在 build.gradle 配置 apply plugin: "jacoco", 然后对 JaCoCo 进行设置, 包括版本号、输出报告路径以及格式等, 在 Gradle 官网上“The JaCoCo Plugin”中有详细介绍, 配置如下。

```
apply plugin: "jacoco"

jacoco {
    toolVersion = "0.7.6.201602180812"
    reportsDir = file("${buildDir}/customJacocoReportDir")
}

jacocoTestReport {
    reports {
        xml.enabled false
        csv.enabled false
        html.destination "${buildDir}/jacocoHtml"
    }
}
```

- 方案 3: 通过 Android Studio 自带 JaCoCo 插件。Google 在自家的 Instrumentation Tests 工具中已经嵌入了 JaCoCo, 所以我们可以不需要额外进行上述配置, 直接设置 testCoverageEnabled 为 true 即可, 然后运行 gradlew createDebugCoverageReport, 即

可在 build 目录中生成报告，配置如下。

```
android {  
    buildTypes {  
        debug {  
            testCoverageEnabled = true  
        }  
    }  
}
```

8.4.7 线上演练

App 线上演练作为测试最后一道关卡，很多时候都被我们直接忽视了，或者没有这个意识，其实，在传统行业，这类测试践行很久了，是产品面世必备的。例如，汽车出厂前一定会做安全碰撞测试，其目的就是模拟用户在使用过程中可能出现的重大故障场景，来检测系统在安全性、稳定性等多个方面的极端表现。所以 App 产品上线之前，线上演练或者线上故障演练是必需的一个环节。

自己搭建线上故障演练平台的话，成本还是蛮高的，现在市场上这类第三方平台主要有 ChaosMonkey、阿里 MonkeyKing、小米的分布式系统 Failover 测试框架、Cloudera 的 Gremlins 等。《分布式系统 Failover 测试框架的实现》一文详细介绍了 Failover 的实现原理及细节^[7]，大家可以参考一下，这里不做过多介绍。

8.5 本章小结

本章以质量和稳定性为核心，为大家介绍了质量和稳定性中的相关知识和具体实践，包括质量标准和稳定性指标的归总，质量和稳定性手段及处理原则，讨论了持续集成和静态代码分析具体实践（Jenkins 打包平台搭建及 Lint/FindBugs/Infer 等多种静态代码分析工具的使用），最后分两个专场详细介绍了 Crash 及测试两大方块，具体包括 Crash 收集、统计和分析处理，以及测试中涉及的一些通用的方法或模块的归总（兼容性测试、自动化测试、Monkey、A/B Testing、覆盖率测试、线上演练等）。

8.6 推荐资料

- [1] 道哥. 对众测平台的深度分析.
- [2] 移动 App 云测试平台的对比与分析.
- [3] 2016 软件测试趋势.
- [4] 2016 移动 App 测试的 7 个趋势.

- [5] 2016 及以后的自动化测试趋势.
- [6] Java 代码覆盖率工具 JaCoCo: 实践篇.
- [7] 分布式系统 Failover 测试框架的实现.
- [8] 包建强. App 研发录. 北京: 机械工业出版社, 2016.
- [9] 黄勇. 移动 App 测试的 22 条军规. 北京: 人民邮电出版社, 2015.
- [10] 邱鹏, 等. 移动 App 测试实战. 北京: 机械工业出版社, 2015.
- [11] 半崕. iOS 测试指南. 北京: 电子工业出版社, 2014.
- [12] 丁如敏, 盛娟. 腾讯 Android 自动化测试实战. 北京: 机械工业出版社, 2016.
- [13] 许奔. 深入理解 Android 自动化测试. 北京: 机械工业出版社, 2015.
- [14] 陈晔, 张立华. 大话 App 测试 2.0: 移动互联网产品测试实录. 北京: 清华大学出版社, 2016.
- [15] Google 官方提供的核心质量标准.



第9章

App 性能优化系列

App性能优化系列

性能分析	性能维度
	性能优化
	性能测试平台
硬件性能优化	电量信息获取
	耗电分析
	电量优化
UI和CPU性能优化	基础原理
	流畅度度量
	卡顿分析和优化
内存性能优化	内存机制和原理
	内存分析工具
	泄露和溢出
	内存性能优化
网络性能优化	网络性能概述
	网络性能测试和流量度量
	网络性能优化
App包Size优化	App包Size优化概述
	App包Size分析
	App包Size优化
App启动速度优化	App启动方式和流程
	App启动时间度量
	App启动速度优化
App代码优化	
本章小结	
推荐资料	

本章内容概览

性能优化是 App 一个永恒的主题。本章将介绍 App 性能优化相关知识和处理方法，具体

包括性能分析、硬件性能优化、UI 性能优化、CPU 性能优化、内存性能优化、网络性能优化以及具体的 App 瘦身、启动速度优化、代码优化等。

9.1 性能分析

在开始具体性能优化系列专题之前，本小节先对性能进行纵览，针对具体性能指标和衡量维度进行阐述。

9.1.1 性能维度

一款优秀的 App 应用，除了拥有强大的业务功能外，卓越的性能体验也是决定用户留存的重要因素，而 App 类型众多，不同类型的 App，其性能衡量的维度和指标优先级是不同的。本章不针对特定 App 进行性能维度或优先级的排序，仅讨论影响性能的指标及常用性能测试和性能优化方法。

常见用来衡量 App 性能的维度如图 9-1 所示。其中，性能指标包括电池（电量/温度）、流量（上行流量/下行流量等）、CPU（平均/最大/最小）、内存（平均/最大/最小）、帧率（平均/最高/最低/页面切换）和 Crash 率等；交互性能包括启动时长、退出时长、响应时长、白屏率、下载速度、包 Size 和存储等，在本章我们将分硬件性能、UI 和 CPU 性能、内存性能、网络性能和交互性能进行阐述（其中 Crash 率在本书“App 质量和稳定性系列”相关章节中讨论）。



图 9-1 性能维度

9.1.2 性能优化

本章开篇提过，性能优化是 App 一个永恒的主题，我们前面汇总了性能衡量维度和指标，

而性能优化仅仅是 App 优化中的一个小环节，具体针对自家的 App，我们该如何做优化呢？这里我们以 Google 官方的观点^[1]针对 App 优化进行总结描述，具体如下。

- 倾听用户的意见。了解并听取用户的意见是成功最好的工具之一，用户的意见既包括发布前的意见，又包括发布后的意见。
- 衡量、分析用户行为并做出响应。衡量用户行为是发现并解决问题的最佳方式之一，我们可以通过统计分析用户行为来定期衡量与用户相关的指标（如下载源、留存率、应用内行为等），从而对流失点、低评分、卸载率高等问题进行处理。
- 提高稳定性并消除错误。可以借助 Monkey 等工具对 App 稳定性进行测试，来消除可能存在的错误，具体参考本书“App 质量和稳定性系列”章节中的阐述。
- 改善 UI 响应能力。UI 的卡顿等会直接导致用户的流失，这是我们需要关注和优化的，具体内容在本章“UI 和 CPU 性能优化”小节中阐述。
- 提升可用性。可用是 App 功能最基本的要求，我们可以通过线上演练和用户反馈等方式进行测试验证。
- 专业外观和美术设计。UI 设计是 App 必不可少的一环，设计师的存在是保证我们界面优雅美观的基础。
- 合适的功能。功能并不是越多越好，适时做减法，抓住属于我们 App 的核心功能才是最重要的。
- 与系统和第三方应用集成。Home 界面的小部件（如天气类应用等）、丰富的通知、全局搜索等第三方应用集成可以进一步提高用户满意度，可以使用户享受应用和设备之间的无缝使用体验，值得考虑和关注。

9.1.3 性能测试平台

随着测试平台化、服务化的推广，目前各大公司都推出了众多不同的性能测试平台，如果对自家数据不敏感，可以尝试采用第三方性能测试平台进行性能测试，主流性能测试平台有百度 MTC，腾讯 GT、bita 以及 Bugly，阿里云效，科大讯飞 iTest，网易 Emmagee，华为 DevEco、Testin 等，具体使用大家可以参考官网。

9.2 硬件性能优化

硬件性能指由硬件或软件引起的导致电池消耗的性能，具体包括屏幕、传感器、CPU、WakeLock、JobScheduler 等耗电性能。不同硬件模块耗电量不一样，不同应用场景 App 耗电量也不一样，电量优化是开发中我们不怎么关注的一项优化，因为开发过程中我们手机测试设备是连着 USB 处于充电状态的，直观上也不会关注电量的损耗。而笔者认为电量性能是

App 性能中最基本的一项，如果没有电量，你还可以做什么呢？本节主要针对电量优化进行阐述，包括电量信息的获取、耗电分析及电池性能优化建议等。

9.2.1 电量信息获取

在分析和优化电量之前，我们需要先获取电量使用信息。Android/iOS 平台下常用的获取电量使用信息的方法/工具如下。

✧ 电量信息获取（Android 篇）

- 获取手机系统文件。直接通过手机系统文件“/sys/class/power_supply/battery/uevent”来获取手机电量相关信息（包括手机的电流、电压、电量和温度信息），这是一种简单暴力的方式，虽然存在一定的适配问题，但有时候也是最有效的一种方式。
- CPU 分析。对于 CPU 过高使用导致的耗电，最简单直观的方式是通过 top 命令实时查看各个线程的 CPU 占用情况，如果某个线程持续占用超过 10%就要重点关注了。（top 命令需要借助 ADB Shell，如果无法直接使用 top 命令，可以通过 ANR 的 traces.txt 文件进行分析，文件中线程里的 schedstat 表示线程消耗 CPU 的情况。）
- Batterystats 工具和 Battery Historian 脚本。

◆ 概述。基于 Batterystats 工具，通过 adb 命令 dump 出电量使用的统计信息，再通过 Battery Historian 脚本分析呈现 dump 出的统计信息文件。

◆ 使用条件。

- Android 5.0+（API 21+）。
- Python/Go 语言环境。Battery Historian 是 Google 开源的电池历史数据获取工具，基于 Go 语言开发，基于 Python 环境运行脚本 historian.py 或者基于 battery-historian.go 来分析。

◆ 使用。

- 下载安装 Battery Historian^[5]并配置好环境。
- adb 重连手机设备（通过 adb kill-server 和 adb devices）。
- reset 电池收集信息，命令如下。

```
adb shell dumpsys batterystats --reset
```

- 断开手机设备连接，操作我们待测的 App。
- 重连手机设备，dump 出电量使用统计信息，存储到 batterystats.txt，命令如下。

```
adb shell dumpsys batterystats > batterystats.txt
```

- 将数据转换成可查看的 html 形式，命令如下。

```
python historian.py batterystats.txt > batterystats.html
```

- Battery Historian 新版本中建议通过 bugreport 方式导出数据，命令如下，这样可以看到更多信息。这种方式需要使用 Docker 或者配置 Go 语言环境^[5]，

然后运行 Battery Historian, 再导入 bugreport 文件呈现电量使用信息。其信息非常丰富, 如图 9-2 所示。

- (1) adb bugreport bugreport.zip (Android 7.0+)。
- (2) adb bugreport > bugreport.txt (Android 5.0~6.0)。

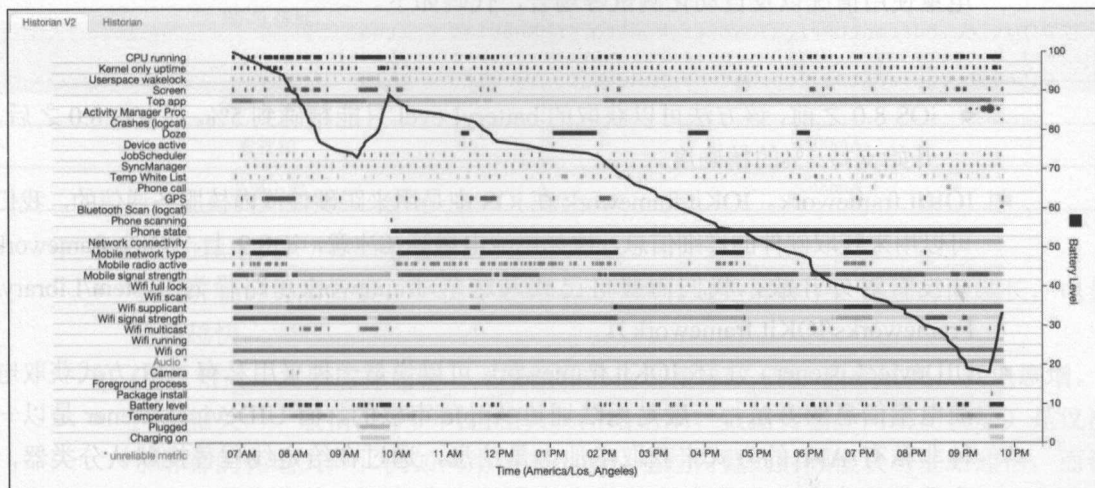


图 9-2 Battery Historian Timeline^[5]

- ◆ 说明: 上面描述的是图形化展示方式, 如果仅仅只需要获取电量信息, 可以直接使用命令 `adb shell dumpsys batterystats`, 打印出来 log 中即有电量信息, Android 5.0 中信息比较粗糙, Android 6.0+ 中有更细化的耗电量信息。

■ 耗电量统计 API。

Android 系统中耗电量统计 API 一直存在, 只不过都是隐藏的。Android 系统中的设置→电池功能调用的就是这个 API, 该 API 的核心部分是调用了 `com.android.internal.os.BatteryStatsHelper` 类, 利用 `PowerProfile` 类, 读取 `power_profile.xml` 文件, 统计每个 APK 的 CPU 耗电量、WakeLock 耗电量、移动数据耗电量、Wi-Fi 数据耗电量、Wi-Fi 维持耗电量、Wi-Fi 扫描耗电量、蓝牙耗电量、摄像头耗电量、手电筒耗电量、无线电耗电量、传感器耗电量等, 大家具体可以参考《深入浅出 Android App 耗电量统计》^[6]中的分析。

- GSam Battery Monitor。检测手机电池电量消耗去向, 以折线图进行统计展示。手机需要 root, 应用需要获取 root 权限。

◇ 电量信息获取 (iOS 篇)

- Instruments。利用 Xcode 自带的 Instruments 的 Energy Diagnostics 可以获取 iPhone 特定时段的电量消耗信息。

具体步骤：打开 Developer 选项中的 Start Logging→断开 iPhone 与 PC 的连接→用户操作→Stop Logging→连接 iPhone 与 PC，将电量消耗数据导入 Instruments。

- **UIDevice**。通过 iOS SDK 中的 UIDevice 来获取设备的详细信息，如 systemVersion、batteryLevel（当前电池电量比）、batteryState（电池当前状态）等，可以用于统计电量使用情况以及自动化测试等场合，代码如下。

```
UIDevice.currentDevice.batteryMonitoringEnabled = true
let batteryLevel = UIDevice.currentDevice().batteryLevel
UIDevice.currentDevice.batteryMonitoringEnabled = false
```

- ◆ iOS 8.0 之前，该方法可以获取的 batteryLevel 只能精确到 5%，而 iOS 8.0 之后，开始支持 1%的精确度。
- **IOKit.framework**。IOKit.framework 在 iOS 中是用来跟硬件或内核服务通信的，我们可以用来获取硬件的详细信息，比如电池电量等（注意，iOS 9 上，IOKit.framework 并没有对外开放，我们需要自己载入这个 framework，路径为/System/Library/Frameworks/IOKit.framework）。
- **UIDeviceListener**。上述 IOKit.framework 可以说是一种采用私有 API 方式获取电池电量信息的方法，一般是无法通过 Apple 审核的，而 UIDeviceListener 是以一种非私有 API 的方式来获取电池电量信息，通过在给定线程替换默认分类器，为我们自定义分配器来追踪整个线程的内存分配，从而获取 batteryState 或者 batteryLevel 更新信息。该程序开源，大家可直接在 GitHub 下载源码研读^[10]。
- **仪器检测**。这是通过硬件的方式对 App 电量使用进行测试，大家可以参考鹅厂的“电量宝”的制作和使用^[7]。

9.2.2 耗电分析

本节我们讨论 App 中常见的一些耗电场景和模块，同时对耗电量用一个统一指标来衡量。

◇ 耗电量计算

- **Android 手机自带的设置中有电量统计**，其本质是通过 Android Framework 层中专门负责电量统计的服务 BatteryStatsService 来实现的，其在 ActivityManagerService 中创建，代码如下^[9]。

```
mBatteryStatsService = new BatteryStatsService(new File(systemDir, 'batterystats.bin').toString());
```

其他的模块比如 WakeLock 等向 BatteryStatsService 喂数据，数据存放在系统的 batterystats.bin 文件中，再交于 BatteryStatsImpl 来进行电量数据的分析，然后可以通过 processAppUsage 和 processMiscUsage 方法计算具体耗电量^[6]，系统的设置就是这样得到电量的统计信息的。

- 具体到我们进行耗电量测试，如何来衡量一款 App 是否耗电，其实并没有统一的标准，我们进行电量测试也仅是对移动设备电量消耗快慢的一种直观感应。一般用平均电流来衡量电量的消耗速度，但具体多大的平均电流值可以被认为是耗电

的呢？我们可以参考鹅厂 Bugly 团队的一种定义方法^[7]，如表 9-1 所示。

表 9-1

App 耗电量衡量指标

场 景	平均电流值
无网络待机	<10mA
Wi-Fi 待机	<20mA
3G 网络待机	<20mA
亮屏无操作	<300mA
看视频	<500mA
灭屏下载	<300mA

✧ 手机中的耗电大户/主要耗电场景

- 手机屏幕。毋庸置疑，手机中最耗电的模块肯定是屏幕了。亮屏时间越长，电量消耗越快。
- CPU 相关。复杂运算逻辑、无限循环等会直接导致 CPU 负载过高，耗电剧增。
- 网络相关。一般情况下，网络相关（网络请求、数据传输、网络切换等）是仅次于屏幕的耗电大户。例如网络请求，涉及通过内置的射频模块与基站通信，而该射频模块又涉及一系列驱动和底层的支持，非常耗电，再如大量数据的传输等。2009 年 Google I/O 大会 Jeffrey Sharkey 的演讲“*Coding for Life - Battery Life, That Is*”^[8]中就总结了 Android 应用耗电主要在大数据传输、不停的网络间切换以及解析大量文本数据 3 个方面，而这 3 方面其实都是直接或间接地跟网络相关的。
- WakeLock (Android)。WakeLock 是 Android 系统中用于优化电量使用的一种手段，通过在用户一段时间没有操作的情况下让屏幕和 CPU 进入休眠状态来减少电量消耗。一些应用中出于特定业务场景调用 PowerManager.WakeLock 来使 CPU 保持持续运转，而释放需要时间，甚至你根本就忘记释放了，灭屏后 CPU 却还一直运转着，从而大大增加了耗电量。
- GPS。GPS 定位涉及 GPS 位置传感器，也是一位不折不扣的耗电大户。平时不使用 GPS 的时候，记得把它给关了。
- Camera。Camera 涉及前后摄像头硬件，如果一直使用（录屏等），耗电也会非常可观。

9.2.3 电量优化

前面我们讨论了电量测试以及手机中常见的耗电模块，本节我们针对 App 电量优化的最佳实践相关知识进行讨论和阐述。

✧ 电量优化最佳实践

- 网络相关。

- ◆ 发起网络请求时机。业务区分当前网络请求是需要及时返回结果的（用户主动下拉刷新等），还是可以延迟执行的（异步上传数据等），可以延迟执行的有针对性地吧请求行为绑定在一起发出^[4]。
- ◆ 减少移动网络被激活的时间和次数^[4]。
 - 采用回退机制来避免固定频繁的同步请求，例如，在发现返回数据相同的情况下，推迟下次的请求时间。
 - 使用 Batching（批处理）的方式来集中发出请求，避免频繁的间隔请求，例如同业务尽量少使用多次请求，合并多次请求。
 - 使用 Prefetching（预取）的技术提前把一些数据拿到，避免后面频繁再次发起网络请求。
- ◆ 数据处理。
 - 网络数据传输前进行压缩处理。
 - 进行大数据量下载时，尽量使用 GZIP 方式下载。
 - 使用高效率的数据格式和解析方法，推荐使用 JSON 和 Protobuf。
- ◆ 慎用或禁用 Polling（轮询）的方式去执行网络请求，Android 可以采用 Google Cloud Messaging，iOS 可以采用 APNs。
- ◆ 减少推送消息次数和频率。App 收到服务端大量或频繁的推送消息，对手机的耗电量会有一定影响。
- ◆ 网络状态。处理具体业务前，养成判断当前网络状态的习惯和编程思维。例如，在移动网络下，减少数据传输或降低数据传输频率（Wi-Fi 下网络传输耗电量远比移动网络少）；在网络不可用状态下，尽早进入网络异常处理逻辑，避免不必要的运算逻辑等。
- 界面相关。
 - ◆ 离开某个界面后停止对应的耗电活动。例如，用户离开了 A 界面，而对应的耗电活动并没有及时停止，就会造成资源浪费。
 - ◆ 应用进入后台禁止异常消耗电量。
- 定位相关。
 - ◆ 使用 GPS 后记得及时关闭，减少更新频率，根据实际情况切换 GPS 和网络，不要任何时候都同时使用两者。
 - ◆ 对定位要求不高的业务场景，尽量用网络定位代替 GPS。
 - ◆ 慎用持续定位，对于大多数场景，使用一次定位接口即可。
 - ◆ 慎用被动定位，防止被动定位唤醒。
- 电池状态。
 - ◆ 在处理一个耗时耗电的任务时，如果该任务不是很紧急（例如下载我们应用的

更新包)，建议事先判断一下电池电量是否足够，如果当前电池电量紧张，可以延迟到一定时间再执行该任务。

- ◆ 我们还可以通过监听充电状态变化（监听设备连接或断开电源状态）来处理特定的业务，以提升用户体验，例如上述提到的应用的更新包策略，以及 Log 日志上传、用户数据同步等。

- 消息广播。程序中避免频繁地监听系统广播或业务消息造成严重耗电问题，灵活控制消息广播接收的有效与无效状态。

- H5 页面。关注并测试 H5 页面的耗电量。

- Android 专栏。

- ◆ 慎用 WakeLock。

- 使用 WakeLock 时一定要记得成双成对，及时释放。特别是 PARTIAL_WAKE_LOCK（PowerManager.newWakeLock() 的第一个参数）类型，一定要及时释放。忘记释放或者过迟释放都会导致 CPU 保持运行，而使得设备处于高功耗状态。

- 使用 WakeLock 时，建议通过带参数的 acquire 设置超时，以防止 App 异常等不可抗拒因素导致没有释放。

- 建议通过 try-catch-finally 的方式确保 WakeLock 被及时释放，具体代码如下。

```
try {
    wakeLock.setReferenceCounted(false);
    wakeLock.acquire(60 * 1000);
    // ...
} catch (SomeException e) {
    // do Exception
} finally {
    if (wakeLock.isHeld()) {
        wakeLock.release();
    }
}
```

- 不建议使用的场景。如播放器播放时需要保持屏幕常亮，可以使用 WindowManager.LayoutParams.FLAG_KEEP_SCREEN_ON 或者 android:keepScreenOn="true" 来代替 WakeLock；再如后台服务端数据请求，没必要通过 WakeLock 来保持屏幕让用户感知等。

- ◆ 定时任务选择。Android 中可以通过 Handler/Timer、AlarmManager 以及 JobSchedule（Android 5.0+）3 种方式执行定时任务，前台任务建议使用 Handler/Timer，简单直观；后台任务，对调度时机没有强烈要求的场景，建议使用 JobSchedule 来管理任务（Android 5.0+），对于触发时间准确性要求非常高的场景，如果没法通过算法降级处理，再考虑 AlarmManager，对于 WAKEUP 类型且 Exact 调度模式的 AlarmManager 任务一定要慎用。

- ◆ Doze 和 App Standby。Doze 和 App Standby 是 Android 6.0 中提供的两个用来节省电量的技术。
 - Doze 俗称瞌睡，当设备闲置了一段较长时间，Doze 技术将通过延迟后台网络活动、CPU 运行等来减少电量损耗。
 - App Standby，应用待机，可以识别当前 App 最近是否得到过用户使用，如果没有被使用，App Standby 将延缓这个应用的后台网络活动。
- ◆ Google 官方优化电池寿命建议^[11]。
 - 监控电池电量和充电状态。根据相应的状态来调整应用的更新频率，比如在充电中就可以无虑更新应用对电池的消耗，而如果设备在消耗电池电量，则降低更新频率。
 - 判断并监测设备的底座状态和类型。通过判断和监听当前底座类型及种类来改变应用程序行为。
 - 确定和监控网络连接状态。如果设备没有连接互联网，则没有必要唤醒设备来进行更新操作，连接移动互联网比连接 Wi-Fi 使用更低的更新频率等。
 - 按需操作 BroadcastReceiver。可以在运行时切换自己在 Manifest 中声明的 BroadcastReceiver，以便根据当前设备状态禁用不需要开启的 BroadcastReceiver，从而节省耗电，提高应用效率。

9.3 UI 和 CPU 性能优化

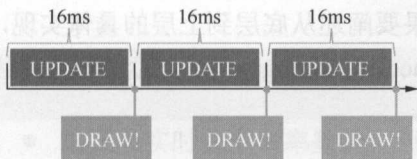
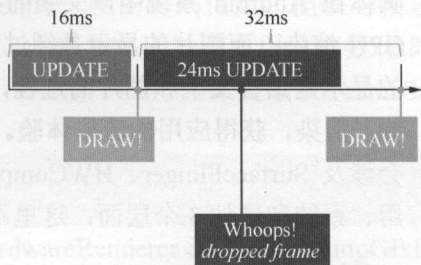
上节介绍了硬件性能优化，本节从 UI 和 CPU 出发为大家介绍 App 流畅体验优化，核心为流畅度/卡顿性能优化，具体包括流畅度相关基础概念和原理、流畅度衡量指标以及卡顿分析和优化。

9.3.1 基础原理

用户可以感知的卡顿等性能问题最根本原因在于渲染性能^[4]，当我们追求 App 拥有复杂的动画、图片等炫酷元素和华丽视觉效果的同时，我们也有可能将牺牲系统性能，以用户流畅体验为代价，因为操作系统存在无法及时处理完这些复杂的界面渲染的可能，这就需要我们智慧地平衡 Design 和 Performance。

- 绘制原理（16ms 原则）。Android 系统每隔 16ms 发出 VSync 信号，触发对 UI 进行渲染，这就意味着 Android 系统要求每一帧都要在 16ms 这个时间内绘制完成，即无论代码或业务如何复杂，要保证平滑完成一帧，那么渲染代码必须在 16ms 内完成，从而保证流畅的用户体验，这个速度意味着要能够达到流畅的画面需要 16 帧/s 的帧率

来渲染动画及输入事件，如图 9-3 所示。如果某项操作花费的时间是 24ms，系统在得到 VSync 信号的时候就无法正常渲染，发生丢帧现象，如图 9-4 所示。iOS 系统也类似，在收到 VSync 信号后，通过 CADisplayLink 等机制通知 App 进行渲染等操作。

图 9-3 Android 正常渲染^[4]图 9-4 Android 渲染丢帧^[4]

- 关于 VSync 信号。VSync (Vertical Synchronization, 垂直同步)，这涉及图像显示原理，我们以传统 CRT 为例进行阐述（液晶显示器原理类似），CRT 电子枪是从上到下一行一行扫描，扫描完后呈现一帧画面，然后电子枪回到初始位置进行下一次扫描。为了同步显示器的显示过程和系统的视频控制过程，显示器或相关硬件会通过硬件时钟产生一系列定时信号，具体为，在新的一行准备扫描前，会发出一个 HSync (Horizontal Synchronization, 水平同步) 信号，当一帧绘制完成，电子枪回到原位准备下一帧前，会发出一个 VSync 信号，显示器通常以 VSync 这个固定的频率进行刷新，同时 VSync 也是作为 GPU 进行新一帧渲染的触发信号。
- 60 帧/s 与 16 ms。为什么会以 60 帧/s 或 16 ms 为标准呢？其实两者是一个统一的概念，1 帧 16ms，即 $1/0.016 \text{ 帧/s} = 62.5 \text{ 帧/s}$ ，而 60 帧/s 的标准是源于人眼和大脑之间的协作无法感知超过 60 帧/s 的画面更新^[4]。市场上绝大多数 Android 设备的屏幕刷新频率都是 60 Hz，超过 60 帧/s 就没有实际意义。生活中一些常见的重要帧率值如下。
 - ◆ 12 帧/s：大概类似于手快速翻书的帧率，是人眼认知的连贯动作帧率。
 - ◆ 24 帧/s：这是电影胶圈通常使用的帧率。
 - ◆ 30 帧/s：用于早期的高动态电子游戏中，帧率少于 30 帧/s 就会显得不连贯。
 - ◆ 60 帧/s：实际体验中，60 帧/s 相对于 30 帧/s 有着更好的体验。
 - ◆ 85 帧/s：一般而言，这是大脑处理视频的极限。

说明：关于“人眼和大脑之间的协作无法感知超过 60 帧/s 的画面更新”的观点，xiaosongluo^[12]进行了更深入探究，最终结论是“人眼的感知极限是高于 60 帧/s 的，目前显示性能优化的极限是 60 帧/s”。

- UI 绘制机制。CPU 和 GPU 是我们智能手机的标配，而绝大多数的画面渲染都依赖这两个硬件。具体来说，CPU 负责计算显示内容，比如视图的创建、布局计算、图片

解码、文本绘制等操作；GPU 负责栅格化（Rasterization）操作，将 UI 元素绘制到屏幕上。所谓栅格化，即把 Button、Shape、Path、String、Bitmap 等组件拆分到不同的像素上进行显示，完成绘制，这个操作很费时，所以引入 GPU 加快栅格化的操作。具体在 Android 系统中，文字的显示是先经过 CPU 换算成纹理（Texture），再传给 GPU 渲染；而图片的显示是经过 CPU 计算加载到内存中，再传给 GPU 渲染；动画的显示是结合文字和图片的过程，需要保证在 16ms 中完成 CPU 和 GPU 的计算、绘制、渲染，获得应用的流畅体验。当然，如果要阐述从底层到上层的具体实现，其中会涉及 SurfaceFlinger、HWComposer、Surface、Choreographer 等众多概念，涉及应用、系统和硬件 3 个层面，这里不展开讨论。

9.3.2 流畅度度量

流畅度（Smoothness, SM），Google 官方用词 Display Performance，业界也有称显示性能、卡顿率、帧率等。衡量流畅度的指标有很多种，有人对此专门进行了汇总^[14]，Android 系统中分别从系统层级和应用层级进行阐述，系统层级是基于 SurfaceFlinger 合成次数，而应用层级是基于绘制过程中每一帧的关键时间点（FrameInfo，Android 6.0）。表 9-2 所示为 Android 中几种流畅度性能度量指标及对比。

表 9-2

几种流畅度度量指标及对比

指标名	含义	数据基础	采集方式	适合系统	用途
FPS	系统合成帧率	SurfaceFlinger	ADB Shell	略	监控
Aggregate frame stats	应用跳帧次数、幅度	FrameInfo	ADB Shell	23+	监控/上报
Jankiness count	（估算）应用跳帧次数	FrameInfo（128 帧）	ADB Shell	略	定位
Max accumulated frames	（估算）应用跳帧幅度	FrameInfo（128 帧）	ADB Shell	略	定位
Frame rate	应用绘制帧率	FrameInfo（128 帧）	ADB Shell	略	定位
SM	应用绘制帧率	Choreographer	多种方式	16+	监控/上报
Skipped frames	应用跳帧次数、幅度	Choreographer	多种方式	16+	监控/定位/上报

具体评估流畅度时，需要综合考虑多个因素。流畅度指标可以说是所有性能指标中最难度量的指标之一，因为要衡量流畅度，帧率仅仅是其中一方面因素，界面的卡顿与帧率也不是完全成正比的，同时帧率的获取也有多种方案，可以针对特定场景或操作的帧率计算，也可以是平均帧率的计算等。下面对 Android 和 iOS 中一些业内常见的获取 FPS 的方法以及笔者实践中具体探索出来的方法进行分类阐述。Android 中我们可以采用下面几种方式。

◇ 基于 gfxinfo 和 GPU 配置方案

- 设置→开发者选项→“GPU 呈现模式”。
- 手机上直接以条形图形式呈现^[21]。

- 通过 `adb shell dumpsys gfxinfo pkg_name` 命令导出数据 (128 帧)，数据格式如下。根据上面介绍的渲染机制 60 帧/s 原则，可知 `Draw+Process+Execute < 16.67 ms`，一帧中，如果没有超过的以 16.67ms 计算，超过的会出现 Jank，下一帧必须等 VSync 到来才开始渲染。注意此方法中获取的是每一帧的时间信息，但帧与帧之间的时间信息是杂乱的，完全由 VSync 决定，此时 FPS 无法简单用总帧数/总时间计算，我们可以反其道而行之，通过 Jank 来计算 FPS，具体类似于 FrameStats 的方案 1。

可以从头部看到,其中比较重要的有 IntendedVsync、Vsync、DrawStart、SyncStart 和 FrameCompleted 等,参数具体含义大家可以在 Google 官方文档中查看^[22],这里提供两种笔者实践过的通过这些独立的帧数据获取 FPS 的方案,分别如下。

- ◆ 方案 1。公式为 $FPS = 60 \times \text{Frame} / (\text{Frame} + \text{Vsync})$,其中 Frame 是指获取的帧数,最多 120;Vsync 是该帧消耗掉的 VSync 个数,可以简单理解为 Frame 中的无效帧数。无效的判别方法为:针对每一帧数据,如果 $\text{FrameCompleted} - \text{IntendedVsync} < 16.67$,那么该帧 $\text{Vsync} = 0$;反之, $\text{Vsync} = (\text{FrameCompleted} - \text{IntendedVsync}) / 16.67 - 1$ (非整数时向上取整)。
- ◆ 方案 2。公式为: $FPS = \text{time_consumes} / (\text{frames_valid} - 1)$ 。其中 frames_valid 为得到的所有帧中的最大连续有效帧数(前后两帧有效需要满足两帧时间差 $< 100\text{ms}$),time_consumes 为所有 frames_valid 对应的始终时间。

◇ 基于 SurfaceFlinger 的方案

- Android 系统中, SurfaceFlinger 可以理解是所有 Surface 管理者角色,由 VSync 信号驱动执行,当应用对应的 Surface 更新后,绝大部分都将通过 SurfaceFlinger 合成后在屏幕中显示出来,具体是通过 mPageFlipCount 统计合成次数 (SurfaceFlinger::handle MessageRefresh),合成多少次即向屏幕提交多少帧数据,这个合成次数即我们的 FPS 数据来源。计算公式为^[14] $FPS = (v2 - v1) / (t2 - t1)$,其中 t1 时刻获取 mPageFlipCount 的数值 v1, t2 时刻获取 mPageFlipCount 的数值 v2。
- 实用命令: service call SurfaceFlinger 1013。

◇ 基于 Choreographer 的方案 (Android 4.1, API 16+)。

- Choreographer 是用来协调 animations、input 以及 drawing 时序的,且每个 Looper 共用一个 Choreographer 对象,通过 skippedFrames 获取在前后两帧时间里 (jitterNanos 记录) doFrame (Choreographer 接收到 VSync 信号时的回调渲染接口) 中错过了多少个 VSync 信号,即跳过了多少帧,常见有如下几种方法。
- ◆ 借助 Logcat。通过修改系统属性 debug.choreographer.skipwarning,抓取 log 中的 skippedFrames 数据,需要 adb root 权限,无法实时处理,代码如下。

```
if(skippedFrames>=SKIPPED_FRAME_WARNING_LIMIT) {
    Log.i(TAG, "Skipped " + skippedFrames + " frames! " + "The application may be doing
too much work on its main thread.");
}
```

- ◆ 通过 Choreographer.FrameCallback。参考开源 TinyDancer-master^[24],需要将代码集成到应用,一般仅适合对自身应用帧率获取,具备实时性。
- ◆ 代码注入。参考腾讯 GT^[25],将 Choreographer 注入待测试应用中,需要 root 权限,具备实时性。
- 计算公式: $SM = (60 \times \text{总时间} - \text{丢帧数}) / \text{总时间}$ 。

◇ 基于 Systrace 的方案 (Android 4.1, API 16+)

- Systrace 工具介绍。Systrace 是 Google 官方提供的性能分析工具，具有极其强大的功能，Facebook 的专家 Udi Cohen 称其为伟大的性能工具^[27]。它可以监视和跟踪 Android 系统行为，清晰地知晓你的时间都去哪了，CPU 周期消耗在哪里，具体线程/进程在具体时间里的所作所为等。它由内核 (Linux 内核 ftrace)、数据采集 (atrace 程序) 和数据分析 (systrace.py 脚本，Android SDK 中自带) 3 部分组成。
- Systrace 工具使用。
 - ◆ 图形化。Systrace 图形化工具集成在 DDMS 中，如图 9-5 所示，横坐标以时间为单位，纵坐标则以进程/线程的方式划分，同一进程的线程组放到一块，可折叠展开。
 - Systrace 生成的 trace 文件用 Chrome 打开，如果在 Chrome 中打开为空白时，在地址栏输入 “chrome:tracing”，再导入文件即可。

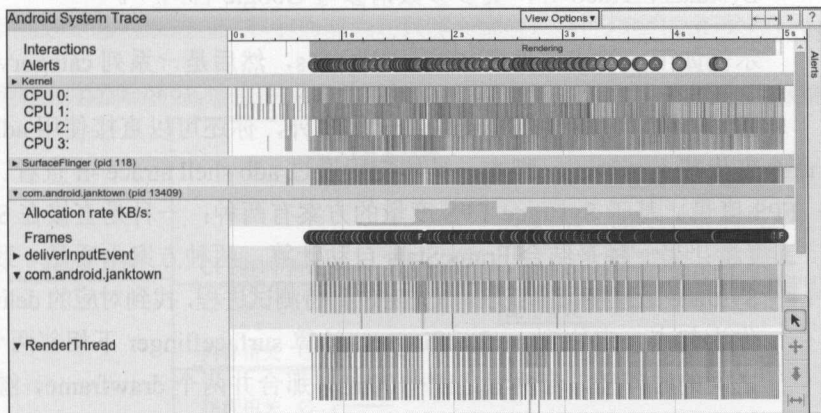


图 9-5 Systrace 性能分析

- Frames 和 Alerts。一个进程对应一个 Frames 行，正常用绿色圆点表示，当颜色为黄色或红色时，意味着出现丢帧等异常。Alerts 是指 Systrace 中自动分析并标注异常性能问题，当出现 Alerts 时值得进一步分析定位异常问题。
- 实用快捷键。在 Chrome 中分析 Systrace 文件时，有几个非常实用的快捷键，如表 9-3 所示，值得记忆和实操体会。

表 9-3

Chrome Systrace 快捷键

操 作	作 用	操 作	作 用
W	放大 (+Shift 加速)	G	60Hz 网格线显示/隐藏切换
S	缩小 (+Shift 加速)	O	恢复 trace 到初始状态
A	左移 (+Shift 加速)	H	详情页显示/隐藏切换

续表

操 作	作 用	操 作	作 用
D	右移 (+Shift 加速)	/	关键字搜索
F	放大当前选定区域	Enter	显示搜索结果
M	标记当前选定区域	、	脚本控制台显示/隐藏切换
V	高亮 VSync	?	帮助

- 命令。依赖 Python 环境，命令如下，其中 options 可选参数有 -o <file>（输出目标文件）、-t N（执行时间，默认 5s）、-b N（trace 文件 buffer 大小，默认无上限）、-a <app_names>（追踪应用包名）、-e <devices_name> 指定设备等。category 可选参数较多，比较常见的有 gfx（Graphics）、input、view（View System）、video 等，更多参数请参考 Google 官网^[23]。

```
python systrace.py [options] [category1] [category2] ... [categoryN]
```

示例如下，输出文件名××，时间 16s，然后是一系列 category 参数。

```
python systrace.py -o xx -t 16 gfx am input view wm res load freq sched app
```

当然，除了直接使用 systrace.py 脚本外，你还可以直接使用 adb shell atrace 命令来代替 systrace.py 脚本，具体使用通过 adb shell atrace -h 查看。

- FPS 度量。基于 Systrace FPS 度量的方案有两种：一种是直接在 Systrace 上人工度量；另一种是结合 FrameStats 自动计算，两种方案本质是一致的。
 - Systrace 上直接计算获取。首先定位到待测试进程，找到对应的 deliverInputEvent 作为起点，定位到 surfaceflinger，计算 surfaceflinger 下相邻两个 drawframe 之间的时间差，若两者之差<100ms，那合并两个 drawframe，继续与下一个 drawframe 求差，最终将时间跨度最大的 drawframe 的起始点时间差记录为 drawframe_times，该 drawframe_times 中对应的 frame 个数记录为 drawframe_frames，然后通过如下公式计算得 FPS，FPS = drawframe_times/（drawframe_frames-1）。
 - 结合 FrameStats 方案请参考 FrameStats 的方案 2。

Android 中，还可以通过 BlockCanary 组件^[16]来轻松获取和检测主线程上的各种卡顿问题并输出 dump 信息，其原理是基于主线程中的消息处理机制，通过 Looper.getMainLooper().setMessageLogging(mainLooperPrinter)，并在 mainLooperPrinter 中判断 start 和 end，来获取主线程 dispatch 该 message 的开始和结束时间，并判定该时间超过阈值（如 2000ms）为主线程卡顿发生，同时 dump 出各种信息，提供开发者分析性能瓶颈。

iOS 中，可以通过开源库 KMCGeigerCounter^[15]来获取 FPS 值，其对于 CPU 的卡顿，通过内置的 CADisplayLink 检测出来；对于 GPU 带来的卡顿，用了一个 1x1 的 SKView 来进行监视。

9.3.3 卡顿分析和优化

流畅度就是衡量 App 卡顿程度的指标，本节我们具体分析和优化 App 中常见的卡顿问题，但正如本节开头 Donald Knuth 的观点，所谓“过早的优化是万恶之源”，我们需要从 Make it Work 到 Make it Right，最后再 Make it Fast，切勿抛开业务谈优化。本小节将常见卡顿从原因出发分为 CPU 耗时/消耗、GPU 耗时/消耗、内存相关以及线程相关四大类，如图 9-6 所示。对每个子类中主要引起卡顿的原因及优化方法进行分析和讨论，iOS 中推荐大家使用 Facebook 专家 Scott 开源的 AsyncDisplayKit^[20]。

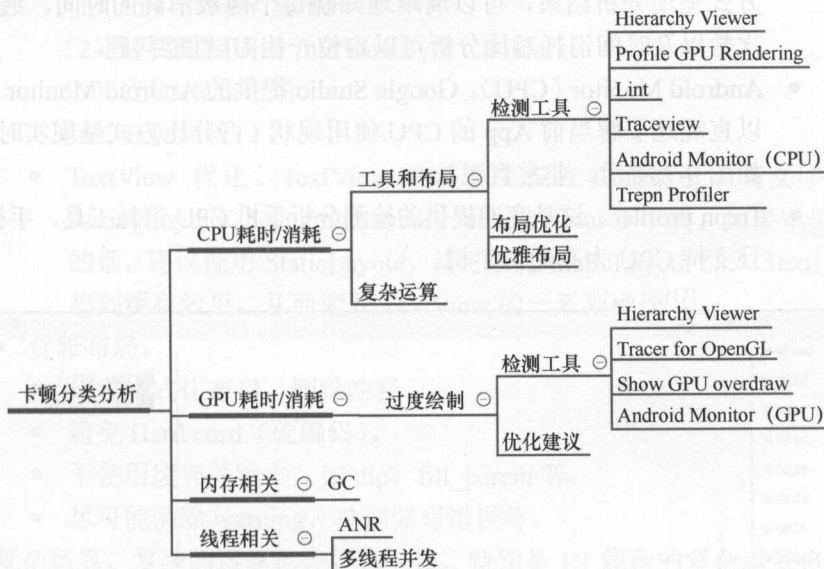


图 9-6 卡顿分类分析

◇ CPU 耗时/消耗

- 工具和布局。前面我们讲过，界面性能取决于 UI 渲染性能，布局层级过深、无效绘制、布局内容繁杂冗余不规范、自定义 View 中 onDraw 涉及复杂运算都会导致界面卡顿，影响 UI 渲染性能，下面我们分检测工具、布局优化和优雅布局 3 部分进行阐述。

◆ 检测工具。

- Hierarchy Viewer。Google 官方提供的图形化工具，我们可以用来优化 UI 布局层级，删除不必要的 View 层级，优化布局速度。Android 4.0 以下系统需要手机 root 支持或者使用第三方工具（如 ViewServer），Android 4.1+ 系统可以直接使用。通过 Tree View 树状图直观分析 View 层级，详情中会有

红、绿、黄三圆点，若红点较多，那要多一份留心，可能是布局层级太深或者自定义绘制有问题，涉及复杂计算等。

- **Lint**。Lint 工具在“App 质量和稳定性系列”章节中有介绍，是 Google 官方提供的一款检测代码质量的工具，我们可以通过它来检查和优化 UI 布局的一些显性问题或建议优化问题。
- **Profile GPU Rendering**。通过“设置→开发者选项→GPU 呈现模式分析→在屏幕上显示条形图”开启，用来分析页面是否在 16ms 内完成绘制并渲染。
- **Traceview**。Google 提供的 Android 平台下数据采集和分析工具，以图形化方式呈现分析结果，可以清晰地知晓每个函数消耗的时间，通过函数调用次数以及时间消耗对比分析可以定位一些 UI 性能问题。
- **Android Monitor (CPU)**。Google Studio 提供的 Android Monitor 工具^[21]也可以直观地了解当前 App 的 CPU 使用现状（百分比方式呈现实时 CPU 消耗，如图 9-7 所示，非常直观）。
- **Trepp Profiler**。这是高通提供的检测分析手机 CPU 消耗工具，手机需要 root，且支持 CPU 为高通的手机。

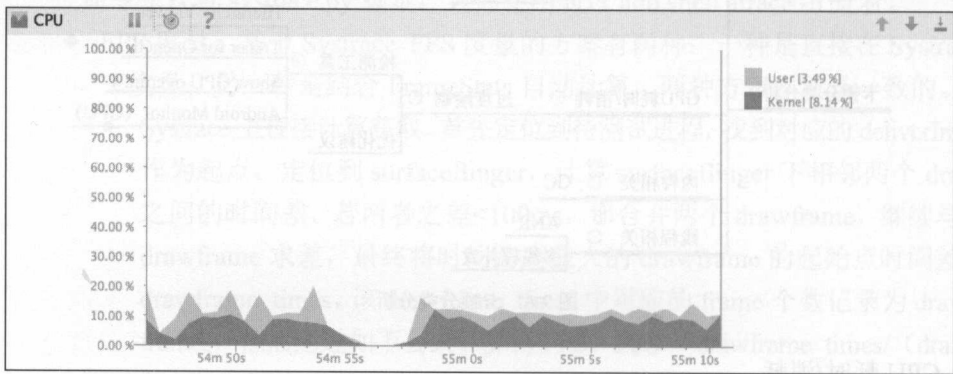


图 9-7 Android Monitor CPU 消耗百分比呈现

◆ 布局优化。

- 善用 Tag，布局模块化，Google 官方建议如下^[18]。

(1) 使用<include>标签来重用布局，布局模块化。

(2) 使用<merge>标签来减少 View 层级结构，主要解决<include>或自定义组合 ViewGroup 导致的冗余层级问题。

(3) 使用<ViewStub>标签代替 setVisiblety，按需载入，只有在布局文件重用时才加载，再 inflate。

- 减少布局层级和复杂度，减少 overdraw。

- (1) 尽量多使用 `RelativeLayout` 和 `LinearLayout`, 不要使用绝对布局 `AbsoluteLayout`。
- (2) 尽量不要嵌套使用 `RelativeLayout`。
- (3) 尽量不要在嵌套的 `LinearLayout` 中使用 `weight` 属性。
- (4) 去掉多余的背景颜色, 去掉不必要的父布局。
- (5) 尽量使 `Layout` 宽而浅, 而不是窄而深, 以减少 `View` 树的层级为主。
- (6) 采用自定义 `View` 代替复杂嵌套的深层次布局 (业务需求, 无法优化下)。
- (7) `Hierarchy Viewer` 超过 5 层, 考虑一下优化。

- `ListView` 优化。

- (1) `convertView` 复用。
- (2) 避免重复调用 `findViewById (holder)`。
- (3) 优化 `Item` 布局。
- (4) 分页加载。

- `TextView` 优化。`TextView` 的优化主要在其渲染上, 其文字渲染主要是 `BoringLayout`、`DynamicLayout`、`StaticLayout` 3 个类。如果单纯用文字显示的话, 建议使用 `StaticLayout`, 其可以把 `StaticLayout` 加入 `TextLayoutCache`, 起到缓存效果, 从而避开 `TextView` 的一系列操作^[17]。

- ◆ 优雅布局。

- 代码格式化布局, 删除注释。
- 避免 `Hard cord` (硬编码)。
- 不使用废弃关键字, 如 `dip`、`fill_parent` 等。
- 尽可能消除 `warning`、单词编写错误等。

- 复杂运算。复杂的运算也会导致卡顿, 特别是 `UI` 线程的复杂运算将直接导致 `UI` 无响应, 极限下导致 `ANR` (我们将 `ANR` 放到下面线程因素中单独阐述)。一般运算阻塞导致卡顿的分析, 我们可以用 `StrictMode` 工具, 其基于线程/`VM` 设置一些策略来检测代码的违规, 通过输出 `trace` 文件来供我们分析定位卡顿点。代码的不合理使用也会导致运算的复杂程度增加, 如两个 `float` 数值的比较执行时间是 `int` 数值的 4 倍左右, 关于更多代码优化, 建议大家参考下面本章中的“`App` 代码优化”相关内容。
- `iOS` 中, `CPU` 资源消耗也会导致卡顿, 具体包括对象创建、调整和销毁, 布局和文本的计算, 图片解码和图形绘制等。

- ◇ `GPU` 耗时/消耗

- 过度绘制。过度绘制 (`overdraw`) 其实也属于 `UI` 布局, 涉及 `GPU` 渲染, 也称 `GPU overdraw`, 由于其特殊性, 故单列讲解。其含义是屏幕上的某个像素点在同一帧中被绘制了多次, 复杂 `UI` 层级叠加、太多 `View` 叠加或者 `inflate` 时间过长都会导

致 overdraw。

- ◆ 检测工具。Android 中提供了 Hierachy Viewer、Tracer for OpenGL 和 Show GPU overdraw 3 个工具来帮助开发者辨识及解决 overdraw 问题。
 - Hierachy Viewer。相关介绍可参考本小节中的“CPU 耗时/消虚”内容。
 - Tracer for OpenGL。集成在 Android Device Monitor 中，通过单击 Tracer for OpenGL ES 按钮进入，单击 Trace 按钮开启，单击 Stop 按钮关闭并生成 GLTrace 文件，再对 GLTrace 文件分析，从而解决 overdraw 问题。
 - Show GPU overdraw。通过设置→开发者选项→调试 GPU 过度绘制中打开显示过度绘制区域，会看到多种颜色分别表示过度绘制的次数。从好到差依次为蓝>绿>淡红>红，分别表示 1x、2x、3x 和 4x 过度绘制。
 - Android Monitor (GPU)。通过 Google Studio 提供的 Android Monitor 工具^[21]也可以直观地了解当前 App 的 GPU 使用现状，比如当前帧消耗了多长时间，如图 9-8 所示，非常直观。

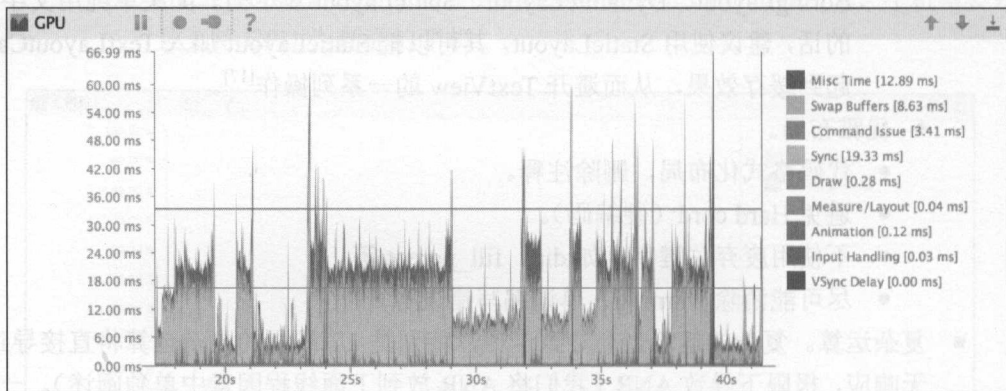


图 9-8 Android Monitor GPU 消耗百分比呈现

◆ 优化建议。

- 移除 window 中的默认 background，具体代码如下。

```
getWindow().setBackgroundDrawableResource(android.R.color.transparent);
```

- 移除布局中冗余的 background。
- 不需要显示的布局要及时隐藏（如层叠 UI 中，被遮挡布局等）。
- 按需显示占位背景图片，减少 Drawable 复杂 Shape 使用。
- 自定义 View 中，使用 clipRect 和 quickReject 来屏蔽那些重叠画面中被遮盖或者不需要 View 的绘制，跳过指定区域 View 的绘制。
- 自定义 View 中，慎待 onDraw 函数，减少多次调用。
- Show GPU overdraw 中，将 overdraw 控制在 2x，不允许存在 4x 情形，3x

面积不允许超过一定比例，如 1/3 屏幕面积。

- 注意 Hierarchy Viewer 工具中的红、绿、黄三圆点 check 以及 Lint 工具优化建议。
- 参考布局优化中相关内容。

◇ 内存相关

- GC。频繁的 GC 会导致卡顿，其原因为执行 GC 时任何其他线程都会暂停，等待 GC 执行完后再继续。GC 触发的原因有很多，内存抖动，大内存申请等都可能触发 GC。更多关于内存和 GC 的相关知识请参考本章“内存性能优化”中的阐述。

◇ 线程相关

- ANR。ANR (Application Not Responding, 中文为“应用无响应”), 当在 UI 线程(主线程)中做了阻塞耗时操作或者在超时时间里对输入事件或特定操作没有处理完时会发生 ANR, 常见场景及时间限定如下^[19]。

- ◆ Service 生命周期函数, 20s。
- ◆ Broadcast Receiver 接收前台优先级广播函数, 10s。
- ◆ Broadcast Receiver 接收后台优先级广播函数, 60s。
- ◆ 影响进程启动的函数, 10s。
- ◆ 影响输入事件处理的函数, 5s。
- ◆ 影响 Activity 切换的函数, 2s。

上面场景中最后两种场景会弹出系统对话框, 因为涉及用户交互。ANR 时会在/data/anr/目录生成一个 trace.txt 文件, 这个文件结合 CPU 使用率是我们分析定位 ANR 原因的关键。常见 ANR 原因及优化建议如下。

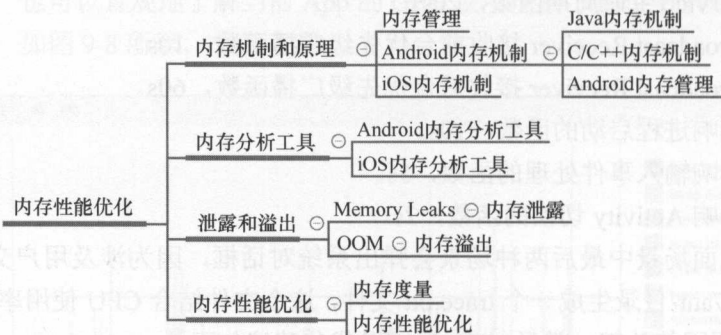
- ◆ 应用进程自身引起。
 - 主线程阻塞、挂起、死循环。
 - 其他线程 CPU 占用率高, 使得主线程无法抢到 CPU 时间片。
- ◆ 其他进程间接引起。
 - 多进程间通信, 当前进程超时间未收到其他进程的反馈, 等待超时。
 - 其他进程 CPU 占用率高, 使得当前进程无法抢到 CPU 时间片。

上面两条归结其实就是主线程阻塞和 CPU 满负荷, 可以通过开辟单独子线程异步来处理耗时和 IO 阻塞任务, 不做任何阻塞主线程的操作。另外, 内存不够用时也可能导致 ANR, 这就涉及内存优化了, 这在“内存性能优化”小节中阐述。

- 多线程并发。多个线程并发将使 UI 线程分到的 CPU 执行时间减少, 导致卡顿, 更多知识参考本章中“App 代码优化”多线程优化相关内容。
- iOS 中也类似, 当出现线程死锁、主线程和子线程抢锁、主线程中频繁操作 IO、主线程中频繁操作网络、大量复杂计算任务时, 都会导致卡顿。

9.4 内存性能优化

内存，英文是 Memory。这里先不谈 PC，如今我们身处移动互联网时代，也是这几年眼看着手机的内存越来越大，从 256MB、512MB 到 1GB、2GB、3GB、6GB、8GB 等，手机价格却越来越低，细细想来，这与摩尔定律有点吻合。“内存是用的，不是看的”，内存越来越大的同时，却总感觉不够用，“心灵鸡汤”里有句话是这样说的：“记忆就是边走边忘，否则内存不够，有人必须渐行渐远，有人只有几面之缘，好吧，必须不停升级……”是的，升级是我们的选择，但作为架构师的我们，是否也应该理解一下内存原理，在我们的 App 中尽量优化内存性能，减少内存消耗呢？答案是毋庸置疑的，这就是本小节要讨论的“内存性能”优化，其主要内容如图 9-9 所示。



9.4.1 内存机制和原理

讨论内存性能优化之前，我们先了解一下内存相关机制和原理，具体到 Android/iOS 内存管理又涉及 Java/C/C++/OC/Swift 等语言基础。所谓“墙外的人想进来，墙内的人想出去”，不同语言间隔着一堵内存分配和垃圾回收的墙，而对于垃圾回收，我们既需要知其然，也要知其所以然，但也不能太过依赖，正如 Robert Swell 所说：“如果 Java 能实现真正的垃圾回收，那大部分的程序都会在执行时删除自己。”下面我们分程序内存管理、Android 内存机制和 iOS 内存机制 3 部分阐述。

◇ 内存管理

- 从我们接触编程语言开始，内存一直是一个基础又高深的话题，从认识内存到使用内存，再到管理内存，伴随着我们的编程生涯。当然，或许你的初相识是 Java 而并不是 C，那可能你接触的只是 GC 的概念。业界一直有一个比较有争议的观点，那就是：“将 Java 作为最适合大学教学的第一门语言令人费解，因为第一门编程语言应该重在学习控制流和变量，而不是对象和语法。此外，没有调试 C/C++

内存泄露经验的人，根本无法完全理解 Java 的初衷。”当然，作为架构师，纵然“初恋”或 C 或 Java，但现在的你应该了解多种语言。

- 粗泛一点讲，程序本身只是一个内存中数据不断迁移和 CPU 不断进行数值运算的过程，一层层的高级语言和软件工程将这个复杂过程更加条理有序地去组织了，避免了“重复制造车轮”的烦琐，但内存问题的本身是不可避免的，没有本质的理解不太可能写出优雅高性能的代码，所以内存管理是必须的。不同语言内存管理机制是不同的，内存管理的方法包括虚地址、地址变换、内存分配和回收、内存扩充、内存共享和保护等，但基本问题可以简单概括为 3W（Who use? Who manager? Who release?），对应的有内存泄露、内存溢出等问题（这将在下面小节中阐述）。下面我们针对 App 的 Android 和 iOS 内存机制进行阐述，当然，还有一些基础概念（如物理内存、虚拟内存、堆、栈、静态、全局/常量存储区、引用计数等）是要大家掌握的。

◇ Android 内存机制

Android 本身既支持 Java，又支持 C/C++，框架上又基于 Linux 上承接 Android Framework，Android 内存管理是一个大话题，涉及知识很多，我们这里分 3 块重点进行阐述，分别为 Java 内存机制、C/C++内存机制以及 Android 内存管理。

■ Java 内存机制。

- ◆ Java 内存区域。Java 内存区域可以划分为方法区、堆、栈以及程序计数器。

- 方法区（Method Area）。默认最大容量 64MB，存放类的结构（方法和属性）、静态成员等，运行时的常量池，被所有线程共享的内存区域，属于持久代。
- 堆（Heap）。默认最大容量 64MB，存放对象持有的数据，同时保持对原类的引用，被所有线程共享的内存区域。
- 栈（Stack）。分虚拟机栈（JVM Stacks）和本地方法栈（Native Method Stacks），前者用于存储局部变量表、动态链接、操作数、方法出口等信息，有两种可能的 Java 异常——StackOverFlowError 和 OutOfMemoryError，为 Java 方法服务；而后者为 Native 方法服务。默认最大容量 1MB，方法调用结束后，Java 虚拟机会回收栈占用的内存，线程私有内存区域。
- 程序计数器（Program Counter Register）。可以看作是当前线程执行字节码的行号指示器，位于 CPU 中，程序不能直接对其操作，每个线程都有独立的程序计数器，线程私有内存区域。

- ◆ GC。Garbage Collection/Collector，垃圾回收/回收器，用于分配内存，确保被引用对象保留在内存中，以及回收不存在引用关系的对象内存，基本算法是分代收集，针对内存区域中的本地方法栈和堆进行回收，新生代、旧生代和长久代采取不同的 GC 算法。

- ◆ Java 引用。JDK 1.2+, 采用强、软、弱、虚 4 种引用来标记不同的对象。
 - 强引用 (Strong Reference)。永远不会被回收的对象。
 - 软引用 (Soft Reference)。可被回收的对象, 由 JVM 内存紧张与否决定。
 - 弱引用 (Weak Reference)。一定需要被回收的对象。
 - 虚引用 (Phantom Reference)。可忽略, 用于作跟踪记录, 辅助 finalize 函数使用。

■ C/C++ 内存机制。

- ◆ C/C++ 内存空间。C/C++ 内存空间由栈区、堆区、全局/静态存储区、常量存储区和程序代码区组成。
 - 栈区。存储执行函数的参数和局部变量等, 容量有限, 效率很高, 由程序自动分配和释放。
 - 堆区。由程序手动分配和释放。C 中采用 malloc/free, C++ 中采用 new/delete 进行分配和释放, 堆大小无限制, 由 OS 内存空间大小决定。
 - 全局/静态存储区。存放全局变量和静态变量的区域。
 - 常量存储区。存放常量的区域, 不允许修改。
 - 程序代码区。存放程序的二进制代码。
- ◆ 堆栈生长方向。栈是逆向生长, 先进栈所分配的内存空间地址更大; 堆是顺序生长, 先进栈所分配的内存空间地址更小。注意: 无论是堆还是栈, 指针指向的所分配的某一块内存的首地址永远是这块内存中最小的。

■ Android 内存管理。

- ◆ Android 中包括 Native 和 Java 两类进程, Native 进程基于 C/C++ 实现, 是不包含 Davlik 实例的进程; Java 进程基于 Java 语言, 是运行在 Davlik/ART 虚拟机上的进程。Android 中每个 App 默认情况下是运行在一个独立进程中, 这个独立进程是从 Zygote fork 出来的 VM 进程, 即每个 App 运行在独立的 VM 空间^[19]。
- ◆ Davlik 与 ART。
 - Android 4.4 以前使用基于 Davlik 虚拟机的 VM, Android 4.4+ 引入 ART, Android 5.0 正式将 ART 作为默认 VM。
 - Davlik 不同于 Java 虚拟机, 执行的是 dex 文件而非 class 文件, 采用 JIT 技术。在应用程序启动时, JIT 通过进行连续的性能分析来优化程序代码的执行。在程序运行的过程中, Dalvik 不断地进行将字节码编译成机器码的工作。
 - ART, Android RunTime, 引入了 AOT (Ahead-Of-Time) 预编译技术, 提升了 GC 效率, 支持更多的开发调试技巧, 具有更长的续航能力, 提升了 App 运行性能。
- ◆ App 内存限制。不同手机厂商的 App 内存限制不同, 存放在 system/build.prop 中。可以在 ADB Shell 环境中采用 cat /system/build.prop 命令获取, 如下为笔者

手里的一台 Nexus 5, Android 6.0 手机获取的信息。heapstartsize 决定堆分配的初始大小, heapgrowthlimit 决定受控下的极限堆大小, heapsize 决定堆的最大值(需要 manifest 中指定 android:largeHeap 为 true)。若要突破 heapsize 限制, 可以创建子进程 (android:process) 或者使用 jni 在 native heap 中申请空间。

```
dalvik.vm.dex2oat-swap=false
dalvik.vm.heapstartsize=8m
dalvik.vm.heapgrowthlimit=192m
dalvik.vm.heapsize=512m
dalvik.vm.heaptargetutilization=0.75
dalvik.vm.heapminfree=512k
dalvik.vm.heapmaxfree=8m
```

- ◆ App 应用切换。Android 系统不会在用户切换不同应用时做内存交换的操作, 相反, Android 会把那些不在前台可见的进程放到 LRU 缓存中, 主要便于在应用再次切回时快速响应。该缓存占用一定的内存, 对系统性能有一定影响。
- ◆ App 进程级别。Android GC 时会针对不同进程级别采取优先级, 根据重要程度从大到小依次为前台进程、可见进程、服务进程、后台进程和空进程。各个不同级别进程以及特点的更多内容请参考“App 热门技术”章节中的阐述。

✧ iOS 内存机制

- iOS 内存空间。与 C 语言类似, iOS 中内存区域可以分为栈区、堆区、全局/静态区、常量区和代码区, 堆区的内存是应用程序共享的。iOS 内存对象主要有值类型 and 引用类型 (继承 NSObject) 两大类, 值类型存放在栈区, 先进后出连续排序, 引用类型放在堆区, 由程序管理。
- MRC 与 ARC。
 - ◆ MRC (Manual Reference Counting), 人工引用计数。
 - Apple 最初用于 iOS 的内存管理方式, 相比于 C/C++ 的手动管理, Apple 采用 MRC, 基于引用计数 (Reference Count), 任何内存对象由系统自己处理释放问题, 改善了内存管理方式, 减少了各个模块之间的逻辑耦合, 却增加了 retain、assign、autorelease 等概念和手段。
 - 使用 MRC, 需要遵循谁创建谁回收原则, 即谁 alloc, 谁 release; 谁 retain, 谁 release。当引用计数为 0 时必须回收, 引用计数不为 0 时不能回收。
 - 如果引用计数为 0 但没有回收, 将导致内存泄露; 如果引用计数为 0 继续释放, 将造成野指针。
 - ◆ ARC (Automatic Reference Counting), 自动引用计数。
 - ARC 是 iOS 5 中推出的新功能, 通过 ARC 可以自动管理内存。ARC 模式下, 只要没有强指针 (强引用) 指向对象, 对象就会被释放。ARC 模式下,

不允许使用 retain、release、retainCount 等方法。

- ARC 下用 strong 代替 MRC 中的 retain，缺省默认关键字，代表强引用；用 weak 代替 MRC 中的 assign，其指向地址释放后，指针本身也会自动释放。
- ◆ Core Foundation 对象。无论 MRC 还是 ARC，凡是使用 Core Foundation 框架创建的对象或与之交互的对象都需要手动进行内存管理，因为其不在 ARC 管理范围内，需要自己维护这些对象的引用计数（CFRetain 和 CFRelease）。

9.4.2 内存分析工具

笔者整理了 Android 和 iOS 中内存分析常见工具，如图 9-10 所示，各个工具的特点和关键点在图中都有标注，至于具体的每个工具的基础使用，限于篇幅不再介绍，大家结合关键字在 Google 中基本可轻松获取。



9.4.3 泄露和溢出

分析内存问题的本质就是找出内存被谁占用了，找出内存占用大的对象，找出其关联，跟踪 GC 可达路径，从而定位谁让这个大对象存活着，这是最一般的思路。内存泄露和内存溢出是内存问题中最大的两块，下面分别对其进行阐述。

◇ 内存溢出（Out Of Memory, OOM）

- 定义：对象内存占用超过了分配内存大小，内存越界，通俗一点理解即内存不够了。
- 原因。
 - ◆ 内存泄露导致。内存泄露对象越来越多时，内存泄露会导致内存溢出。

- ◆ 大内存对象。如 Android 中的 Bitmap 或加载超大图像资源等。

✧ 内存泄露 (Memory Leaks)

■ 定义。

- ◆ 维基上内存泄露的定义为：“由于疏忽或错误造成程序未能释放已经不再使用的内存。内存泄露并非指内存存在物理上的消失，而是应用程序分配某段内存后，由于设计错误，导致在释放该段内存之前就失去了对该段内存的控制，从而造成了内存的浪费。”
- ◆ 通俗一点理解，程序申请内存后，没有释放已经申请到的内存，始终占用着，内存使用完后没有归还，被分配的对象可达却无用。
- ◆ 在 iOS 中，Apple 官方定义一个 App 内存分 3 类，分别为 Leaked memory、Abandoned memory 和 Cached memory，其中前两者都属于应该释放而没有被释放的内存，即都是内存泄露。

■ Android 中常见的内存泄露。

- ◆ 长时间保持对 Activity、Context、View、Drawable 和其他对象的引用。
 - Activity 使用静态成员。建议使用静态的 Activity、View 等。
 - 用 Context 处理 Thread、第三方库初始化等异步程序时，这些异步程序的生命周期可能大于 Activity 的生命周期，导致 Activity 无法被回收，造成内存泄露。
 - 建议与 View 无关的操作，Context 尽量使用 Application Context。
- ◆ 内部类。当非静态内部类中使用静态实例时，因为每个非静态内部类会持有一个外部类的隐式引用，这可能会导致不必要的问题。我们尽量使用静态内部类代替非静态内部类，并通过弱引用存储一些必要的生命周期引用。
- ◆ 匿名类。与非静态内部类类似，持有外部类的引用导致内存泄露。
- ◆ 持有对象的时间超出需要的时间/引用对象没有释放（注意持有对象的生命周期）。
 - register 对象后缺少对应的 unregister 操作，如广播等。
 - 集合对象未清理，资源对象未关闭。如 Curse、File 等资源。
 - static 滥用。当 static 用于修饰大内存占用对象时，会导致该对象无法回收，造成内存泄露。
 - bitmap 使用完后没回收。
- ◆ 不良代码。参考本章“App 代码优化”中相关内容。
- iOS 中常见的内存泄露。
 - ◆ 循环引用。嵌套类、闭包、匿名内部类引起内存泄露。
 - ◆ 静态方法引起。静态方法所持有的对象占用大内存将导致内存泄露。
 - ◆ 下面是 Xcode 常见的 3 种内存泄露提醒。

- Value Stored to 'number' is never read. 创建了对象，但没有使用。
- Value Stored to 'str' during its initialization is never read. 创建了对象且初始化了，但没有使用。
- Potential leak of an object stored into 'subImageRef'. 调用了让某个对象引用计数加 1 的函数，但没有调用相应让其引用计数减 1 的函数。
- ◆ 不良代码。参考本章“App 代码优化”中相关内容。

9.4.4 内存性能优化

前面小节我们阐述了内存泄露场景，本小节我们从内存度量以及具体内存泄露实例来阐述内存性能优化。

✧ 内存度量（Android 篇）

- ActivityManager.MemoryInfo()方法：可以得到当前系统剩余内存及判断是否处于低内存运行，腾讯 GT^[25]等工具采取的方式。
- ActivityManager 的 getProcessMemoryInfo(int[] pids)方法：得到的 MemoryInfo 所描述的内存使用情况比较详细，数据的单位是 KB。
- Debug 的 getMemoryInfo()、getNativeHeapSize()、getNativeHeapAllocatedSize()、getNativeHeapFreeSize()方法。
- 通过 adb 相关命令获取，具体有如下几种不同方法。
 - ◆ adb shell dumpsys meminfo | grep pkg_name or pid 命令，可以直接获取具体进程的内存信息。
 - ◆ adb shell procps | grep pkg_name 命令，可以获取 VSS、RSS、USS、PSS。
 - VSS (Virtual Set Size)，虚拟耗用内存（包含共享库占用的内存）。
 - RSS (Resident Set Size)，实际使用的物理内存（包含共享库占用的内存）。
 - PSS (Proportional Set Size)，实际使用的物理内存（比例分配共享库占用的内存）。
 - USS (Unique Set Size)，进程独自占用的物理内存（不包含共享库占用的内存）。
 - 一般来说，内存占用大小有如下规律：VSS ≥ RSS ≥ PSS ≥ USS。
 - ◆ adb shell cat /proc/meminfo 命令，可以获取系统整个内存的大致使用情况。
 - ◆ adb shell ps -x 命令，可以得到内存信息 VSIZE 和 RSS。

✧ 内存度量（iOS 篇）

- 获取当前设备可用内存，用 host_statistics，如下代码所示。

```
vm_size_t usedMemory(void) {
    struct task_basic_info info;
    mach_msg_type_number_t size = sizeof(info);
    kern_return_t kerr = task_info(mach_task_self(), TASK_BASIC_INFO, (task_info_t)&info, &size);
    return (kerr == KERN_SUCCESS) ? info.resident_size : 0;
}
```

```

vm_size_t freeMemory(void) {
    mach_port_t host_port = mach_host_self();
    mach_msg_type_number_t host_size = sizeof(vm_statistics_data_t) / sizeof(integer_t);
    vm_size_t pagesize;
    vm_statistics_data_t vm_stat;

    host_page_size(host_port, &pagesize);
    (void) host_statistics(host_port, HOST_VM_INFO, (host_info_t)&vm_stat, &host_size);
    return vm_stat.free_count * pagesize;
}

```

- 获取当前任务可用内存，用 `task_info`，如下代码所示。

✧ Android 与 Java 内存性能优化

- Services 的使用。
 - ◆ 尽量少用 Service，当后台任务运行完成后，要及时关闭 Service，否则由于 Service 的保持运行状态，导致其占用的内存不会释放。
 - ◆ 用 IntentService 取代 Service，当后台任务完成时，自动结束服务本身。
- UI 不可见或内存紧张时，释放内存。在 Activity 的回调方法 `onTrimMemory(int level)` 中，根据 level 的不同释放内存。
 - ◆ 进程不在缓存中。根据 `TRIM_MEMORY_RUNNING_MODERATE`、`TRIM_MEMORY_RUNNING_LOW` 和 `TRIM_MEMORY_RUNNING_CRITICAL` 状态进行处理。
 - ◆ 进程在 LRU 缓存中。根据 `TRIM_MEMORY_BACKGROUND`、`TRIM_MEMORY_MODERATE` 和 `TRIM_MEMORY_COMPLETE` 状态进行处理。
- 恰当使用 Bitmap。加载 Bitmap 时尽量保证分辨率和屏幕分辨率对应，大分辨率 Bitmap 需要进行压缩处理，Android 2.3 (API 10) 以下系统需要手动 `recycle` (Bitmap 像素存储在 Native 内存中)。
- 使用 `SparseArray`、`SparseBooleanArray` 和 `LongSparseArray` 等优化的数据容器代替 `HashMap`。
- 使用 `static const` 代替 `enum`。
- 非必要情况下，少用抽象。
- 对于序列化数据，使用 `nano protobuf`。
- 尽量少使用依赖注入框架。
- 使用 ProGuard 去除不必要的代码。
- apk 打包签名时，使用 `zipalign` 工具对齐。
- 使用多进程。
- GC 主动调用。
- `finally` 调用和重写。
- 最后，养成好的编码习惯。

◇ C/C++ 常见内存问题

- 未初始化的内存和变量。malloc 分配的内存不会自动初始化，可在声明的同时进行初始化。
- 空指针。使用前先判空，空指针访问会产生 segment fault 错误。不要忘记为数组和动态内存赋初值。
- 野指针。free 或 delete 释放内存之后，立即将指针设置为 NULL。
- 内存覆盖。注意考虑内存覆盖场景。
- 内存越界。避免数组或指针的下标越界，特别要当心发生“多1”或者“少1”的操作。
- 内存泄露。动态内存的申请与释放必须配对，防止内存泄露。

◇ Android 经典内存泄露实例

- 如下所示 LeakActivity，涉及非静态内部类、匿名类等典型内存泄露场景及正确书写方式。

```
public class LeakActivity extends Activity {

    @Override
    protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
        super.onCreate(savedInstanceState);
        setContentView(R.layout.activity_leak);

        // ①
        View button = findViewById(R.id.btn);
        button.setOnClickListener(new View.OnClickListener() {
            @Override
            public void onClick(View v) {
                startAsyncTask();
            }
        });

        // ② LeakHandler (Wrong)
        leakyHandler.postDelayed(new Runnable() {
            @Override
            public void run() {
                // 原因：当前 Activity finish 后，延迟执行任务的 Message 还会继续存在于主线程中
                // 它持有 LeakActivity 造成其无法回收而使内存泄露
            }
        }, 1000 * 60 * 1);

        // ② LeakHandler (Right)
        notLeakyHandler.postDelayed(sRunnable, 1000 * 60 * 1);
    }

    @Override
    protected void onDestroy() {
        super.onDestroy();
        // ②
        notLeakyHandler.removeCallbacks(sRunnable);
    }

    // ① Leak Anonymous Classes
    private void startAsyncTask() {
        new AsyncTask<Void, Void, Void>() {
```

```

        @Override
        protected Void doInBackground(Void... params) {
            SystemClock.sleep(20000);
            return null;
        }
    }.execute();
}

// ② (Wrong 非静态内部类, 会持有外部类的引用 LeakActivity)
private final Handler leakyHandler = new Handler() {
    @Override
    public void handleMessage(Message msg) {
        // TODO: 2016/5/15
    }
};

// ④ (Right 静态内部类 + WeakReference)
// 回收时会回收 Handler 持有的对象, 再通过 removeCallbacks 对延迟消息进行移除
private final NotLeakHandler notLeakHandler = new NotLeakHandler(this);

private static class NotLeakHandler extends Handler {
    private final WeakReference<LeakActivity> activity;

    /**
     * Instantiates a new Not leak handler.
     *
     * @param activity the activity
     */
    public NotLeakHandler(LeakActivity activity) {
        this.activity = new WeakReference<>(activity);
    }

    @Override
    public void handleMessage(Message msg) {
        LeakActivity activity = this.activity.get();
        if (activity != null) { // 注意判空
            // TODO: 2016/5/15
        }
    }
}

private static final Runnable sRunnable = new Runnable() {
    @Override
    public void run() {
        // TODO: 2016/5/15
    }
};
};

```

9.5 网络性能优化

移动互联网时代, 没有网络或许意味着你的智能手机只能当功能机使用。生活在我们这个时代, 作为 App 开发者, 网络性能也是必不可少的, 这就是本节我们要阐述的知识, 具体内容如图 9-11 所示。

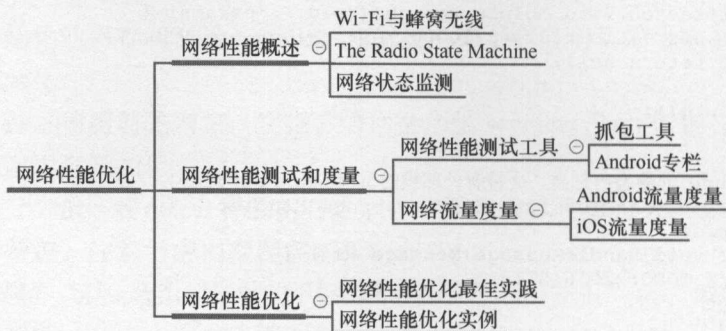


图 9-11 网络性能优化

9.5.1 网络性能概述

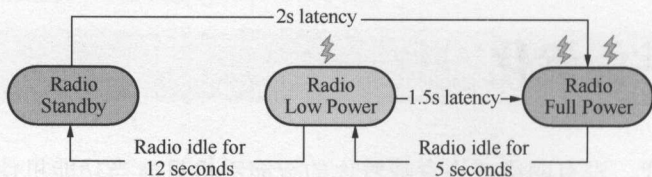
网络性能是一个很宽泛的概念，针对移动 App，网络性能这块要求无外乎节流、节电以及快。节流针对流量，移动数据网络下直接关乎用户的 Money；节电针对电池电量，在本章“硬件性能优化”小节有详细阐述；快，关乎用户体验，一个页面等待时间过长可能导致用户的离开，其中涉及因素众多，包括网络传输、数据加载策略、代码质量等。节流、节电和快，这就是网络性能优化的三剑客，在开始具体网络性能优化阐述前，我们先熟知下面几个概念。

◇ Wi-Fi 与蜂窝网络

- Wi-Fi，不用多说了，众所周知，这是一个基于 IEEE 802.11 标准的无线局域网技术。
- 蜂窝网络（Cellular network），也称移动网络，是一种移动通信硬件架构，分为模拟蜂窝网络和数字蜂窝网络，常见类型有 GSM、CDMA、3G、TDMA、4G 等。

◇ The Radio State Machine（无线设备状态机）

- Android 下，典型 3G 网络下网络无线设备包括 3 种耗能状态，分别为 Full Power（网络连接激活状态时，允许设备以最快的速率传输数据）、Low Power（中间状态，使用 Full Power 状态下 50% 的能量损耗）和 Standby（备用，无网络处于活跃状态时候的能量消耗状态），三者状态切换如图 9-12 所示。

图 9-12 The Radio State Machine 三种耗能切换^[3]

- ◆ Full Power > Low Power: Full Power 下静止 5s 自动转换到 Low Power。

- ◆ Low Power > Full Power: Low Power 下重新联网, 消耗 1.5s 转换到 Full Power。
- ◆ Low Power > Standby: Low Power 下静止 12s 自动转换到 Standby。
- ◆ Low Power > Full Power: Standby 下重新联网, 消耗 2s 转换到 Full Power。
- Android App 中, 任何一次网络请求无线网络都会转成 Full Power 状态, 并且在整个网络传输过程中始终处于该状态, 传输结束后, 该状态还会保留 5s, 而 Low Power 对应有 12s 才会完整释放网络。以 Android 官方的例子为例^[4], 假设某 App 需要在 60s 内进行 3 次网络请求, 每次网络请求消耗 1s, 那么可能有两种方案: 一种是 3 次请求分开, 下一次请求等上一次请求结束再进行; 另一种是 3 次请求合并, 一次请求完成 3 次数据请求, 那消耗时间分别如下, 对应结果如图 9-13 所示。
 - ◆ 方案 1: (网络访问 1s+高耗能状态切换等待 5s+低耗能状态切换等待 12s+无耗能 2s) × 3 = 高耗能 18s+低耗能 36s+无耗能 6s。
 - ◆ 方案 2: 网络访问 1s × 3 + 高耗能状态切换 5s + 低耗能状态切换 12s + 无耗能 40s = 高耗能 8s + 低耗能 12s + 无耗能 40s。

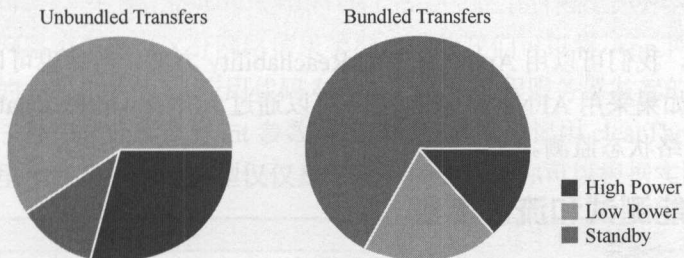


图 9-13 60s 内 3 次网络请求不同方案能耗对比

◇ 网络状态监测

- Android 中, 可以通过 `ConnectivityManager` (`android.net.ConnectivityManager`) 类的 `getActiveNetworkInfo` 来获取当前网络状态, 如下代码是笔者几年前为一个基站信号和网络测试项目编写的判断网络状态的函数, 大家可以根据自己的业务进行逻辑修改。

```
public static String getCurrentNetType(Context context) {
    ConnectivityManager cm = (ConnectivityManager) context
        .getSystemService(Context.CONNECTIVITY_SERVICE);
    NetworkInfo info = cm.getActiveNetworkInfo();
    if (info == null) {
        netWorkType = "未连接";
    } else if (info.getType() == ConnectivityManager.TYPE_WIFI) {
        netWorkType = "WIFI";
    } else if (info.getType() == ConnectivityManager.TYPE_WIFI || info.getType() ==
        ConnectivityManager.TYPE_MOBILE) {
        NetworkInfo mobNetInfo = cm.getNetworkInfo(ConnectivityManager.TYPE_MOBILE);
        if (mobNetInfo == null) {
            netWorkType = "WIFI";
        }
    }
}
```

```
    } else {  
        int subType = mobNetInfo.getSubtype();  
        if (subType == TelephonyManager.NETWORK_TYPE_CDMA) {  
            netWorkType = "CDMA";  
        } else if (subType == TelephonyManager.NETWORK_TYPE_GPRS) {  
            netWorkType = "GPRS";  
        } else if (subType == TelephonyManager.NETWORK_TYPE_EDGE) {  
            netWorkType = "EDGE";  
        } else if (subType == TelephonyManager.NETWORK_TYPE_UMTS) {  
            netWorkType = "UMTS";  
        } else if (subType == TelephonyManager.NETWORK_TYPE_HSDPA) {  
            netWorkType = "HSDPA";  
        } else if (subType == TelephonyManager.NETWORK_TYPE_EVDO_A) {  
            netWorkType = "EVDO_A";  
        } else if (subType == TelephonyManager.NETWORK_TYPE_EVDO_0) {  
            netWorkType = "EVDO_0";  
        } else if (subType == TelephonyManager.NETWORK_TYPE_EVDO_B) {  
            netWorkType = "EVDO_B";  
        } else if (subType == TelephonyManager.NETWORK_TYPE_LTE) {  
            netWorkType = "LTE";  
        }  
    }  
}  
return netWorkType;  
}
```

- iOS 中，我们可以用 Apple 官方的 Reachability 方案，当然也可以直接用第三方网络库。如果采用 AFNetworking 库，可以通过 AFNetworkReachabilityManager 类来实现网络状态监测。

9.5.2 网络性能测试和流量度量

网络性能测试工具本质就是流量的测试和度量，而流量度量包括消耗流量、上行流量 (Tx)、下行流量 (Rx) 等，本节我们从 App 网络性能测试工具及网络流量度量两部分进行阐述。

◇ 网络性能测试工具

- 抓包工具。谈到网络流量监测和统计，我们能想到的最基础的是抓包工具，如 TcpDump、Fiddler、Wireshark、Charles 等，网络抓包分析是作为一名开发人员必备的基础技能，在网络性能测试和度量中也是一种精准流量测试的方法，我们还可以通过抓包工具拦截具体的请求，模拟弱网环境。在本书“App 开发工具系列”章节中有关于抓包工具相关内容的阐述，另外，在“App 质量和稳定性系列”章节中还有关于基于 Fiddler 和 Charles 的弱网测试内容。
- Android 专栏。除了抓包工具外，Android 平台下，我们还可以借助 Android Monitor (Network) 和 DDMS 两个工具对网络流量数据进行统计分析。
 - ◆ Android Monitor (Network)。Google Studio 提供的 Android Monitor 工具^[21]可以直观地监测当前 App 特定进程的网络使用现状（以流量/时间的方式呈现 Tx、Rx 数据，如图 9-14 所示，非常直观）。

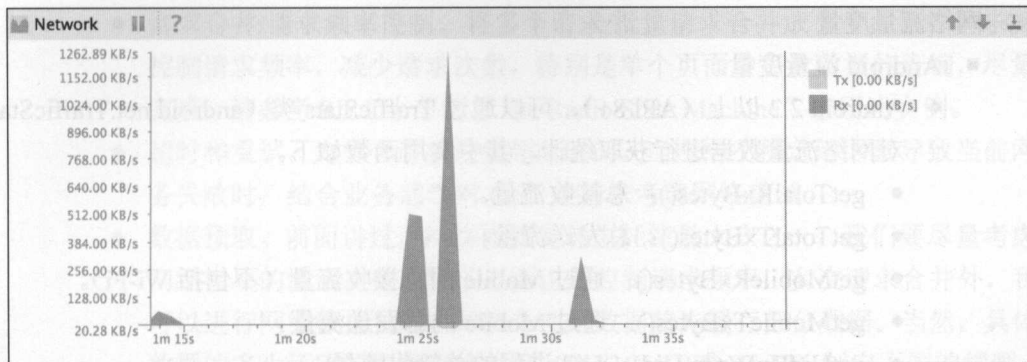


图 9-14 Android Monitor Network Tx/Rx 监测

- ◆ DDMS。DDMS 中的 Network Traffic tool/Network Statistics (Android 4.0, API 14+) 也可以对网络请求进行监控来获取网络详细使用情况, 与 Android Monitor (Network) 不同, Network Traffic tool 中包含一个 Tag 的功能, 如图 9-15 所示, 我们可以结合 TrafficStats 类中的 setThreadStatsTag(int tag)方法完成网络类型标记。网络类型可以区分网络请求类型, 一般我们可以将 App 网络请求分为用户发起的(用户手动)、应用代码本身发起的和远程服务器发起的(推送等)3种, 定义3种 Tag 分别设置 int 参数即可, 对应清除标记用 clearThreadStatsTag()。当然这里所谈及的3种类型仅仅是宏观举例说明, 你可以根据实际业务细化定义。

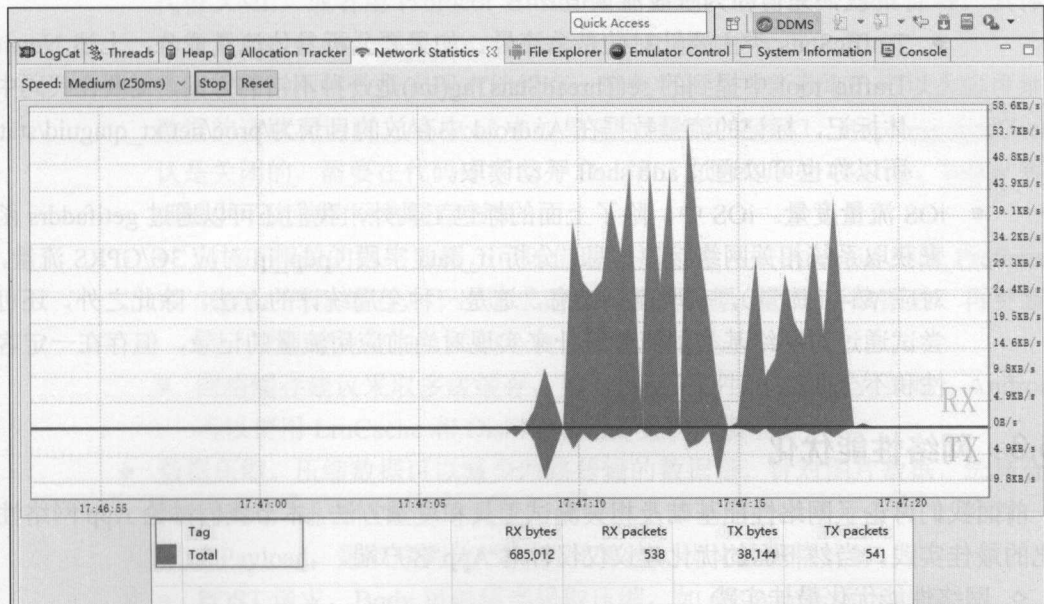


图 9-15 Network Traffic tool 流量监测

◇ 网络流量度量

■ Android 流量度量。

- ◆ Android 2.2 以上 (API 8+), 可以通过 `TrafficStats` 类 (`android.net.TrafficStats`) 对网络流量数据进行获取统计, 其中实用函数如下。
 - `getTotalRxBytes()`: 总接收流量。
 - `getTotalTxBytes()`: 总发送流量。
 - `getMobileRxBytes()`: 通过 Mobile 的总接收流量 (不包括 Wi-Fi)。
 - `getMobileTxBytes()`: 通过 Mobile 的总发送流量。
 - `getUidRxBytes(Uid)`: Uid 进程的总接收流量。
 - `getUidTxBytes(Uid)`: Uid 进程的总发送流量。
- ◆ 除了 `TrafficStats` 类外, 或者你的系统是 Android 2.2 以下, 可以尝试直接读取流量数据的存放目录进行获取, 一般在 `proc/uid_stat/` 目录中, 包括 `tcp_rcv` 和 `tcp_snd` 两部分, 分别表示接收流量 (下行流量) 和发送流量 (上行流量)。
 - 获取上行流量: `cat /proc/uid_stat/uid/tcp_snd`。
 - 获取下行流量: `cat /proc/uid_stat/uid/tcp_rcv`。
 - `uid` 获取: `cat /data/system/packages.list | grep pkg_name`。
 - 上述 `tcp_rcv` 和 `tcp_snd` 得到的是 App 当前时刻累计流量数值, 如果需要获取特定时段具体流量值 (如启动流量数据等), 我们可以将上述命令运行两次, 差值即为阶段流量值。
- ◆ `TrafficStats` 类主要针对的是总流量, 如果要分析具体流量成分, 上述 Network Traffic tool 中提到的 `setThreadStatsTag(int)` 是一种不错的方案, 需要在代码中具体标记, 标记的流量数据在 Android 中存放的目录为 `/proc/net/xt_qtaguid/stats`, 所以你也可以通过 `adb shell` 手动读取。
- iOS 流量度量。iOS 中, 除了上面的抓包工具外, 我们还可以通过 `getifaddrs` 函数来获取系统相关网络接口信息, 分析 `if_data` 字段 (`pdp_ip` 对应 3G/GPRS 流量, `lo` 对应 Wi-Fi 流量), 获取流量信息, 这是一种全局统计的方法。除此之外, 还可以尝试通过对网络基类的流量统计来实现对当前应用流量的记录, 但存在一定客观性和不全面。

9.5.3 网络性能优化

前面我们讨论了网络性能基础及相关测试工具和度量方法, 本节我们讨论 App 网络性能优化的最佳实践, 当然下面的优化建议仅仅针对 App 客户端。

◇ 网络性能优化最佳实践

- 请求与连接相关。

- ◆ 请求合并/请求频率控制。将多个请求/批量请求合并成一个，进行请求捆绑，控制请求频率，减少请求次数，特别是单个页面中多次数据的查询，尽量一次完成，请参考 9.5.1 小节的“The Radio State Machine”中所述实例。
- ◆ 超时和重试。为单个请求设置超时时间，当网络不稳定等因素导致当前网络服务失败时，结合业务适当对 GET 类请求考虑网络重试。
- ◆ 数据预取。前面讲过，网络模块是耗电耗流量大户之一，我们要尽量考虑减少网络模块的激活次数。除了上面说的控制请求频率，多次请求合并外，我们还可以进行网络数据预取，即在未使用数据前先缓存部分数据。当然，具体预取数据的多少还需要根据网络类型（2G/3G/4G 或 Wi-Fi）制定不同的规则。
- ◆ 用 IP 代替域名。这可以省去 DNS 解析过程时间消耗。当然，考虑到安全性和扩展性，该 IP 最好是一个动态更新的 IP 列表。
- ◆ 多线程和延迟传输。子线程，多任务网络请求，适当的时候进行请求暂存，延迟传输。
- ◆ 采用服务端推送方式代替轮询，尽量避免轮询，“Polling the server is horrible”^[2]。如果特定业务场景下必须轮询，也要采取一定策略来控制轮询频率，如无数据更新时增加轮询时间间隔，不同网络状态下采取不同轮询时间间隔等。
- 传输和数据相关。
 - ◆ 数据格式。传输数据时，可以根据具体业务选择数据格式，例如可以用 Json 代替 XML，或者用 Protocol Buffer 代替 Json，适当选择 Json 库等，具体参考本章“App 代码优化”中 Json 性能相关内容阐述。
 - ◆ 数据缓存。网络数据实现本地缓存，避免每次都重新获取，可以大幅度地加速数据的读取和访问。Android 中如果采用原生网络接口，HttpURLConnection 默认是关闭的，需要在代码中手动开启，第三方网络库如 OkHttp、Volley 等基本都提供了完整的网络缓存方案。
 - 与 UI 相关的网络数据，可以借助数据存储（如 Android 中的 Preference、SQLite 等）缓存，下次请求前显示上次数据，获取新数据后，再更新旧数据，可以避免空白页面的不良体验。
 - 网络缓存建议采取多级缓存，如用内存+文件的二级缓存策略，Android 中可以使用 LruCache 和 DiskLruCache 实现二级缓存。
 - ◆ 数据压缩。压缩数据可以减少网络传输的数据量，针对图片数据，选择合适的图片格式，适当牺牲图片质量，参考本小节下面的“图片专栏”。针对一般数据或 Payload，采取序列化/反序列化算法，优化数据格式等。
 - POST 请求，Body 可以适当采取压缩，如 GZip 来压缩日志等。
 - 请求头压缩。采用 SPDY 和 HTTP 2.0 直接压缩，HTTP 1.1 可以通过服务端

对前一个请求头进行缓存，后面相同请求头用 md5 表示即可。

■ 网络环境相关。

- ◆ 网络环境我们可以简单地分为两方面：一方面是国内，主要是不同网络类型的切换（2G/3G/4G 或 Wi-Fi），带宽和延迟差异很大；另一方面为国外，即在国外访问国内带宽和速度问题。
- ◆ 国内网络环境问题。我们需要根据不同网络类型进行对应修改，例如请求超时的设置，请求频率的控制等，同时可以监听设备状态（休眠/充电/网络）来对网络业务采取不同策略，特别是弱网环境下采取必要措施（如界面不自动加载图片，请求延迟提交等），同时需要进行专门的测试，防止 Crash 等异常。
- ◆ 海外网络性能问题基本可以通过资本手段解决，如 CDN 加速、提高带宽、实现动静资源分离等。

■ 图片专栏。

- ◆ 网络传输一般都会涉及图片，图片的下载和传输是不可避免的问题。
- ◆ Google 官方减少图片下载大小建议^[2]。
 - 减少 PNG 格式图片的大小关键是减少构成图像每行像素中使用的唯一颜色数，为防止有损编码，可以通过优化索引格式和矢量量化来平衡有损压缩和图像质量。
 - 为减少 JPG 格式图片的大小，可以尝试使用不同编码格式生成较小文件，同时稍微调整质量，以便得到更好的压缩。
 - WebP 格式的图片是 Android 4.2.1 API 17+ 支持的新的图片格式，同时支持有损和无损压缩，可以创建更小、更丰富的图像，推荐使用。
 - 服务端图片可同时提供支持多分辨率的原图和缩略图来适应 App 端的多样性。

■ 页面呈现和后台服务。

- ◆ 页面呈现（页面加载）优化，主要针对涉及网络数据的页面，如何更快地呈现用户这一过程优化。这一过程中与网络请求和代码相关的优化前面已阐述，下面单独针对如何充分利用与网络请求并行的主线程时间优化，常见优化点汇总如下。
 - 将网络请求提前到页面初始化呈现之前（如 Android 的 Activity 中，我们一般会先加载 View，初始化各种控件后，再开始网络请求，可以尝试将开始网络请求提前到加载 View 之前，因为一般 setContentView、init 各种控件耗时是几十毫秒级别，处理得好，这个顺序调整可以将网络数据请求提前几十毫秒）。
 - 如果当前页面不是首页面，可以将网络请求提前到前一个页面跳转时触发。
- ◆ 后台服务。
 - 减少后台联网行为，减少后台启动次数。

- 减少统计相关数据。联网消耗数据中，统计数据有可能是其中很大一部分，这块往往容易被忽略掉，过多的统计打点和数据上传往往是非必须的。

✧ 网络性能优化实例

上面阐述了网络最佳实践相关优化建议，具体在我们的应用开发中，这些优化点可以贯穿到实际编码过程中，成为一种编码习惯。当然，如果你的项目已成熟，或者需要特定的专项网络优化，实践中具体业务场景下肯定还会有不同方案。如下是业界两个网络性能优化实例，建议大家阅读参考。

- 腾讯 TMQ 专项测试团队在《移动 App 性能评测与优化》^[28]一书中阐述了用鱼翅分片的方法对手机 QQ 网络上传速度的优化，涉及长连接、分片大小的选择、分片和速度的权衡、分片传输成功率以及失败重传策略的详细阐述。
- 《携程 App 的网络性能优化实践》^[29]一文中阐述了基于携程具体业务的 Native 和 Hybrid 混编客户端下网络性能优化和实践，涉及 DNS、TCP 连接、读写操作、传输 Payload 大小、复杂国内外网络情况等问题的优化建议，同时提到业界网络性能优化的新方向——Google 的 SPDY 协议和 QUIC 协议。

9.6 App 包 Size 优化

针对 App 包 Size，如果硬是要牺牲业务或者消耗太多时间且效果也不一定最佳，那就得不偿失了，因此要学会把握这个度。

9.6.1 App 包 Size 优化概述

在开始具体 App 包 Size 优化分析之前，我们先阐述与之相关的几个概念，包括瘦身目的、安装包组成等。

✧ 瘦身目的

App 包 Size 优化会对我们的业务产生哪些影响呢？答案是明显的，即通过 App 瘦身来提高我们 App 的下载转化率，这是具体业务运营指标，通俗一点理解就是 App 包 Size 越小，用户下载等待时间越短，更适应低存储容量配置的手机，应用下载转化率也就越高。

✧ 安装包组成

我们的 App 发布时，最终是以安装包的形式提供给用户，如 Android 中的 APK 格式、iOS 的 IPA 格式。我们需要知晓 App 安装包具体由哪些内容组成，才能更好地、有针对性地进行包大小的控制和优化，如 Android 中体积较大的文件一般主要集中在 dex、res、assets 和 lib 文件，iOS 中的 LinkMap 文件等，这是我们需要重点关注的。关于 App 安装包组成在本书“App 安全逆向系列”章节中有阐述。

第9章 App 性能优化系列

✧ iOS App Store 策略

iOS 包 Size 优化时，有两个 Apple 官方策略需要考虑进去，具体如下。

- Apple 对上传 App Store 的安装包大小有限制，具体规则如下^[30]。

3. For iOS and tvOS apps, check that your app size fits within the App Store requirements.

Your app's total uncompressed size must be less than 4GB. Each Mach-O executable file (for example, `app_name.app/app_name`) must not exceed these limits:

- For apps whose `MinimumOSVersion` is less than 7.0: maximum of 80 MB for the total of all `__TEXT` sections in the binary.
- For apps whose `MinimumOSVersion` is 7.x through 8.x: maximum of 60 MB per slice for the `__TEXT` section of each architecture slice in the binary.
- For apps whose `MinimumOSVersion` is 9.0 or greater: maximum of 500 MB for the total of all `__TEXT` sections in the binary.

However, consider download times when determining your app's size. Minimize the file's size as much as possible, keeping in mind that there is a 100 MB limit for over-the-air downloads. Abnormally large build files are usually the result of storing data, such as images, inside the compiled binary itself instead of as a resource inside your app bundle. If you are compiling an image or large dataset into your binary, it would be best to split this data out into a resource that is loaded dynamically by your app.

- iOS 应用中，一般我们从 App Store 下载的 IPA 比本地打包生成的 IPA 文件大，因为 App Store 会对 IPA 包再次加密处理，Xcode 的 Organizer window 中的 Estimate Size 功能能大致估计本地打包文件从 App Store 下载时的大小。我们也可以采取下面方式预估包 Size，公式为：包 Size = 比例因子 × 二进制大小 + 压缩资源。其中，二进制大小为二进制文件大小，压缩资源为 framework 中所有 bundle 的 zip 文件大小，比例因子是根据之前发布的版本下载获取大小和本地实际大小进行计算获取（由上面公式反推获得）。

9.6.2 App 包 Size 分析

具体优化 App 包 Size 时，我们需要借助 App 包 Size 分析工具来识别和判断当前 App 安装包各个文件的大小，图 9-16 所示为笔者整理的业内常见 App 包 Size 分析工具，请结合本章的“App 包 Size 优化”中的阐述阅读。

✧ Android 包 Size 分析工具

- Android Studio。Android Studio 提供了一系列包 Size 分析优化工具，这里重点介绍一下 Analyze APK 工具，其他工具的作用在下节“App 包 Size 优化”中阐述。

Analyze APK 是 Android Studio 2.2.3 开始集成的 APK 结构浏览的工具，非常便捷实用，直接将 APK 拖入 Android Studio 中即可（或者通过 build→Analyze APK 导入 APK），能清晰地看出 APK 中具体文件的大小，方便分析和对比。图 9-17 所示为微信 APK 展示结果，总大小为 35MB 左右。

- APK Size 统计。除了上面的 Analyze APK 可以统计 APK 大小外，其他还有 apkcal 等多款工具可以用来统计 APK Size。
 - ◆ apkcal 是一款开源的统计 APK 文件中 class、method、field、string 数量的工具。

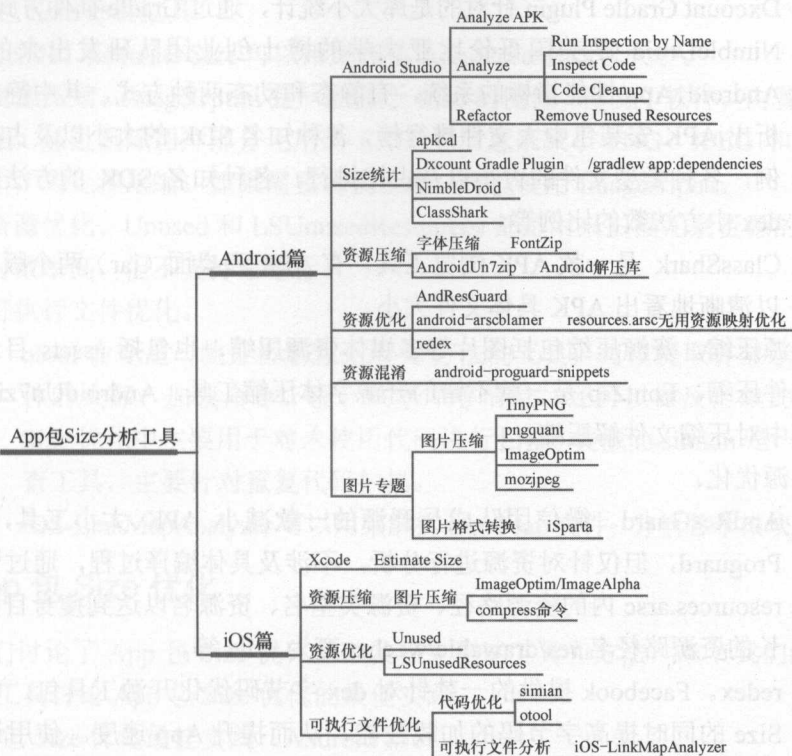


图 9-16 App 包 Size 分析工具

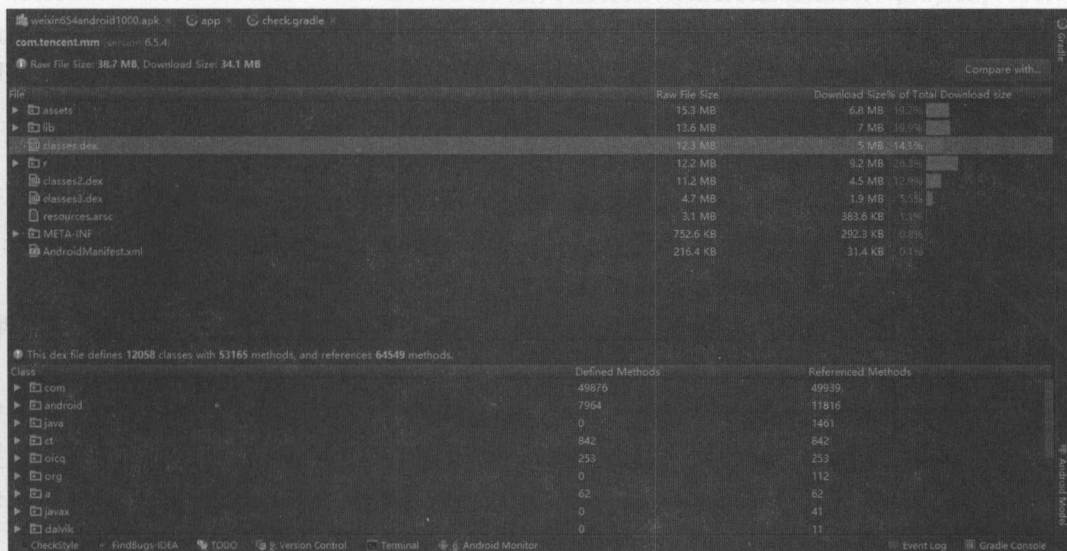


图 9-17 Android Studio APK 包大小分析

- ◆ Dxcount Gradle Plugin 针对的是库大小统计，通过 Gradle 插件方式引入和使用。
- ◆ NimbleDroid 是美国哥伦比亚大学的博士创业团队研发出来的自动化分析 Android App 性能指标的系统，有静态和动态两种方式，其中静态方式可以分析出 APK 安装包中大文件排行榜，各种知名 SDK 的大小以及占代码整体的比例，各种类型文件的大小以及占比排行，各种知名 SDK 的方法数以及占有所有 dex 中方法数的比例等。
- ◆ ClassShark 是一款 APK 浏览工具，有 APK 和桌面（jar）两个版本，运行后可以清晰地看出 APK 具体文件大小。
- 资源压缩。资源压缩包括图片等多媒体资源压缩，也包括 assets 目录下的字体等文件压缩。FontZip 是一款不错的开源字体压缩工具，AndroidUn7zip 可以用于代码中对压缩文件解压缩。
- 资源优化。
 - ◆ AndResGuard。微信团队成员开源的一款减小 APK 大小工具，类似于 Java Proguard，但仅针对资源进行分析，不涉及具体编译过程，通过资源混淆缩短 resources.arsc 内的资源路径、资源类型名、资源名以达到瘦身目的，例如将冗长的资源路径名 res/drawable/wechat 变为 r/d/a 等。
 - ◆ redex。Facebook 提供的一款针对 dex 字节码优化开源工具包，可以在优化包 Size 的同时提高字节码的加载性能，从而提升 App 速度。使用该工具需要在 Linux 环境编译其 C++代码，涉及较多依赖库，其优化项很多，可自行配置，主要优化项目如下。
 - 减少和压缩字符串（如类路径、源文件路径名、函数名等），将冗长字符串“/path/**/**/ClassX.java”用较短字符串“l”表示，再通过重映射来反向映射还原。
 - 消除冗余代码。删除源代码中一些冗余不用的死代码，移除空类。
 - 内联。内联是将被调函数功能移动到其调用函数中，从而减少函数调用开销，去除了一些多级调用中间层级，如 func A > static func B > static func B 优化成 func A > static func C。
 - Interdex。一种冷启动优化方法，需要程序提供启动时加载类序列配置文件，按此顺序调整 dex 中类的顺序，从而提升冷启动速度。
- 图片压缩。Android 打包时对 PNG 图片进行的是无损压缩，如果没有特定业务需求，我们可以对 PNG 图片进行有损压缩以实现瘦身目的。图片压缩相关工具主要有 TinyPNG、pngquant、ImageOptim、mozjpeg 等，支持的图片格式略有不同，例如最常见的 TinyPNG 支持 PNG/JPEG 图片进行有损压缩，一张 4MB 的图片，一般可以缩小 15%左右的大小。

◇ iOS 包 Size 分析工具

- Xcode。Estimate Size 可以用来预估 App Store 上线包大小。
- 资源压缩。ImageOptim 是一款基于 Mac 的图像“瘦身”软件，内置有 6 种压缩算法，通过删除图片部分无用的 EXIF 等信息来减小 PNG、JPEG 和 GIF 图片的大小，为无损压缩。如果有损压缩，可以使用 ImageAlpha。
- 资源优化。Unused 和 LSUnusedResources 都是用来扫描冗余资源的工具，后者相对效率高，但不支持命令行。
- 可执行文件优化。
 - ◆ otool 命令是一款分析删除无用类/方法的工具，可以提取并显示 iOS 下目标文件的头部、加载命令、段、共享库等信息，还可以做反汇编的工具使用，包 Size 优化中主要用于对未使用代码进行扫描。类似的 simian 是一款冗余代码检查工具，主要针对重复代码扫描。
 - ◆ iOS-LinkMapAnalyzer 可以用来解析 LinkMap 文件，分析各个模块占用的包大小。

9.6.3 App 包 Size 优化

前面我们讨论了 App 包 Size 优化基础及相关测试工具和方法，本节我们结合图 9-16 中包 Size 分析工具讨论 App 包 Size 优化的最佳实践。

◇ App 包 Size 优化最佳实践（Android 篇）

Android APK 由以下几部分组成（参考本书“App 安全逆向系列”中的阐述），分别为 classes.dex、resources.arsc、res、assets、lib 及其他资源（AndroidManifest、project.properties、proguard.cfg 和 META-INF），我们就直接讲解重点，从 APK 组成进行分类优化阐述。

- classes.dex 源码。
 - ◆ 代码混淆。在 build.gradle 中开启 minifyEnable，进行 Proguard 混淆。
 - ◆ 删除无用代码。使用 Android Studio 的 Inspect Code 和 Code Cleanup 进行静态代码检查，删掉无用代码。
 - ◆ 第三方库/jar 包。删除无用库，合并功能重复的库，选择更小的库。
 - ◆ 代码优化。参考本章“App 代码优化”中相关内容。
- resources.arsc。resources.arsc 存放的是编译后的二进制文件，以 id-name-value 方式存储 map。
 - ◆ 使用 Android Studio 的 Inspect Code 删掉不必要的资源 ID。
 - ◆ 使用 Google 的 android-arscblamer 工具检查删除不必要的资源映射，如部分空引用。
- res。该文件夹是包 Size 优化大户，存放诸如音视频、图片等多媒体资源，需重点关注。

- ◆ 删除无用资源。
 - 在 build.gradle 中开启 shrinkResources, 不打包未使用的资源。
 - 在 build.gradle 中通过 resConfigs 配置业务所需的语言资源, 去除无用语言资源。
 - 借助 Android Studio 分析 Unused Resource, 去掉无用 res, 有多种方式。
 - (1) 使用 Analyze。项目右键→Analyze→Run Inspection by Name→输入 Unused Resources。
 - (2) 使用 Refactor。项目右键→Refactor→Remove Unused Resources。
 - (3) 使用 Inspect Code。Analyze→Inspect Code。
 - 使用 Lint 工具扫描去除无用资源。
- ◆ 适当使用图片压缩。
 - 使用图 9-16 中图片压缩相关工具对图片进行有损压缩。
 - 不考虑透明度业务下可以用 JPG 图片代替 PNG 图片, 例如背景页、启动页等。
 - 尝试使用 WebP 格式代替 PNG 格式, 但注意必须是 Android 4.0 以上系统。若需要兼容 Android 4.0 以下系统, 需要引入额外的兼容库, 可能得不偿失, 且目前 Android Studio 并不支持 WebP 布局文件的预览。
 - 对大的图片资源进行缩放处理, 尽可能只保存一份图片资源 (建议放 xhdpi 文件夹)。
 - 关于图片格式的选择, Google 官方建议为: 使用 VectorDrawable; 纯色类 icon 用 SVG; 两种颜色以上 icon 用 WebP, 达不到效果再用 PNG; 图片无 alpha 通道考虑 JPG。
- ◆ 适当使用音视频压缩。采用有损格式 (Ogg、MP3、AAC、WMA、Opus 等) 音频文件代替无损格式 (WAV、PCM、ALS、TAC、APE 等) 音频文件。推荐使用 Ogg, 淘宝中就大量使用了 Ogg 格式。
- ◆ 资源混淆。集成 AndResGuard 等工具对资源进行优化处理。
- ◆ 代码优化。使用 Drawable XML、Color、.9.PNG 代替 PNG 图片, 例如渐变背景、纯色背景等; 使用 tintcolor (Android 5.0+) 实现按钮反选效果代替正反两张图片; 使用 toolbar, 减少 menu 文件; 统一应用风格, 减少 shape 数量等。
- assets 文件。
 - ◆ 利用 FontZip 等工具对字体进行提取优化, 删除无用字体。
 - ◆ 减少 icon-font 使用, 使用 svg 代替 icon-font。
 - ◆ 资源网络化, 动态下载。如字体、表情包、贴纸等。
 - ◆ 考虑对资源文件进行压缩储存, 代码中进行解压缩获取, 例如 H5 页面。
- lib 库文件。

- ◆ 在 build.gradle 中使用 abiFilters 按需配置 CPU 架构（如 armeabi-v7a、x86、armeabi、x86-64 等），移除不需要兼容的 so 文件。
- ◆ 使用更小的库或合并现有库（如 C++ 运行时库统一使用 stdport_shared）。

✧ App 包 Size 优化最佳实践（iOS 篇）

iOS 应用的包 Size 优化，我们从编译选项、资源优化和可执行文件优化 3 部分进行阐述。

■ 编译选项。

- ◆ 符号化信息。Strip Debug Symbols During Copy 和 Symbols Hidden by Default 在 release 版本应该设为 yes，去除不必要的符号信息。
- ◆ 编译器优化级别。release 版应该选择 Fastest, Smallest，这个选项会开启那些不增加代码大小的全部优化，并让可执行文件尽可能小（Build Settings→Optimization Level）。
- ◆ 避免编译多个架构，去掉异常支持。更多选项优化可以参考 Apple 官方的“Code Size Performance Guidelines”文档^[32]。

■ 资源优化。

- ◆ 删除无用资源。
 - 删除未使用的图片，使用脚本或者 Unused、LSUnusedResources 等界面化工具。一个通用的脚本如下^[31]。

```
#!/bin/sh
PROJ=`find . -name '*.xib' -o -name '.*[mh]`

for png in `find . -name '*.png'`
do
    name=`basename $png`
    if ! grep -qhs "$name" "$PROJ"; then
        echo "$png is not referenced"
    fi
done
```

- 删除重复图片，删除 1x 图片。
- ◆ 资源压缩。与 Android 类似，包括 PNG 图片压缩（ImageOptim 工具和 compress 命令），音视频资源压缩（使用 AAC 或 MP3 来压缩音频，并且可以尝试降低一下音频的比特率），js/html 文件打包压缩等。
- ◆ 资源云端化，不常用资源放云端，动态下载资源（如字体等）。
- ◆ 使用 iconfont 替换 icon 和 logo。
- 可执行文件优化。
 - ◆ 代码混淆。通过混淆类/方法名可以减小其长度，从而减小可执行文件大小。
 - ◆ 代码优化。使用 simian 工具扫描删除重复代码；使用 otool 工具扫描删除未使用类；删除无用代码，如空函数、默认实现函数等。
 - ◆ 第三方库优化。合并类似功能库，删除未使用库，选择更小的库。

- ◆ 减少冗余字符串，抽离长字符串保存为静态文件。
- ◆ ARC > MRC。相对于 MRC 代码，ARC 代码会在一些特定情况下多出一些 retain 和 release 指令，这样将使得汇编指令变多，从而机器码变多，导致可执行文件变大。一般来说，ARC 改 MRC 可以使得包 Size 降 8% 左右。

9.7 App 启动速度优化

“天下武功，唯快不破”，用户一般期许 App 响应和加载速度越快越好，如果启动速度慢了，给用户的第一印象就差了，可能导致用户较低的评分甚至直接卸载。快，是我们的追求，本节我们一起来讨论 App 启动速度及优化。

9.7.1 App 启动方式和流程

一般 App 启动可以分为热启动（Warm）和冷启动（Cold），Android 中还定义了一个中间状态——Lukewarm Start^[2]，称为温启动。具体讨论启动速度优化前，我们先了解一下 App 启动方式和启动流程。

◇ App 启动方式

- Cold Start。冷启动，指在 App 启动之前，该 App 的进程还没有创建，例如在安装后第一次启动、设备重启或者应用被杀死等情况下发生。图 9-18 所示^[2]为 Android 中一次 App 冷启动重要过程展示，涉及加载并启动 App，展示空白 Window（Starting Window），创建 App 进程，在 App 进程创建后，会创建 App 对象，启动 MainThread，创建 MainActivity、Inflating Views、Layout Screen、Initial Draw。

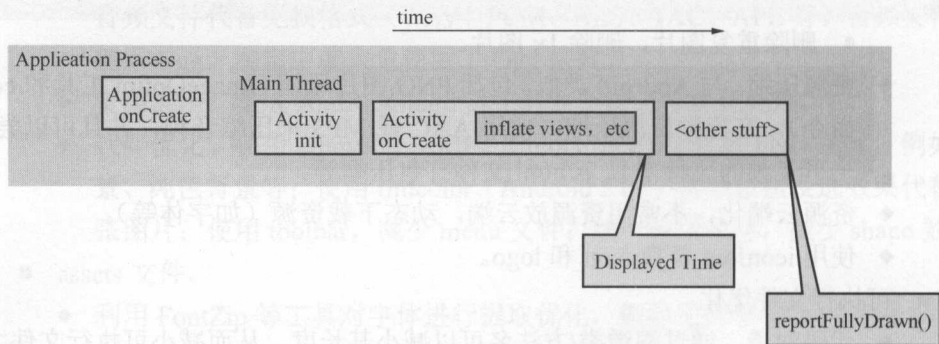


图 9-18 Android App 冷启动过程

- Warm Start。热启动，当启动 App 时，后台已有该 App 的进程（后台挂起），例如按 Home 键退出 App 等。

- Lukewarm start。温启动，介于冷启动和热启动之间，例如系统由于某种原因回收了你的 App，用户重新启动 App 等。

☆ App 启动流程

- Android App 启动流程。一次完整的 Android App 启动流程如图 9-19 所示，核心涉及 Zygote fork、Application 初始化、Activity Create 等。

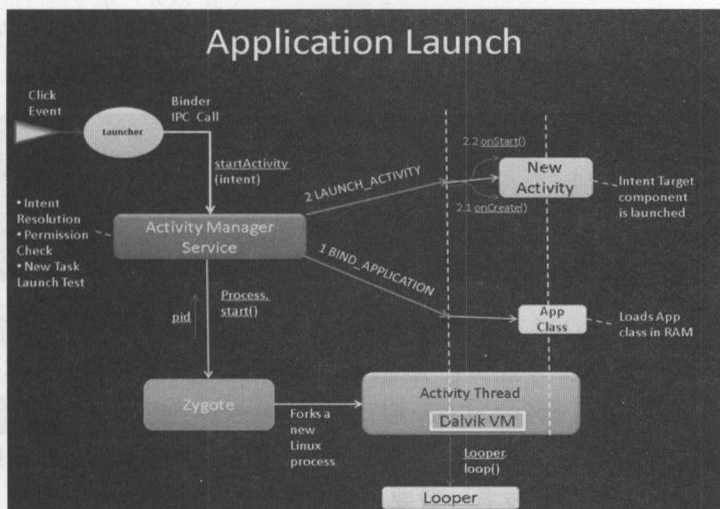


图 9-19 Android App 启动流程^[33]

- iOS App 启动流程。图 9-20 所示为一个 iOS App 完整启动流程，通过 UIApplicationMain 创建 UIApplication 对象和 AppDelegate 对象，读取 info.plist 配置文件并设置程序启动相关属性，监听系统事件以及创建 main RunLoop 循环。

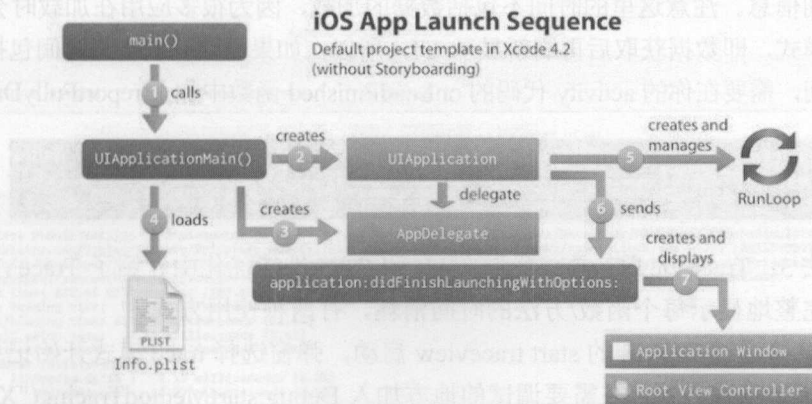


图 9-20 iOS App 启动流程

9.7.2 App 启动时间度量

App 启动时间一般可以定义为从单击应用的启动图标/桌面 Icon 开始创建一个新的进程到我们看到第一帧的界面过程，下面分别从 Android 和 iOS 平台下启动时间的度量方法进行阐述。

✧ App 启动时间度量（Android 篇）

- 方法 1: adb shell 方式。命令为 `adb shell am start -W [pkg_name]/[activity]`，如下为微信第一次启动时间信息，会有 3 个时间信息，分别如下。

```
C:\Users\Bob>adb shell am start -W com.tencent.mm/ com.tencent.mm.MainActivity
Starting: Intent { act=android.intent.action.MAIN cat=[android.intent.category.LAUNCHER] }
Status: ok
Activity: android/com.android.internal.app.ResolverActivity
ThisTime: 417
TotalTime: 417
WaitTime: 433
Complete
```

- ◆ ThisTime。一般和 TotalTime 相同，除非在应用启动时开了一个透明的 Activity 等，预先处理后再显示主 Activity，这样 TotalTime 要小，其表示一连串启动 Activity 到最后一个 Activity 启动耗时。
- ◆ TotalTime。新应用启动耗时，包括新进程启动+Application 初始化+Activity 启动的时间，这是开发者一般要关注的真正启动耗时。
- ◆ WaitTime（Android 5.0+）。总的耗时，包括新应用启动耗时以及前一个应用 Activity pause 时间。

- 方法 2: adb logcat 方式（Android 4.4+）。Android 4.4 之后，Android 在系统 Log 中添加了 Display 的 Log 信息，可以通过过滤 ActivityManager 及 Display 关键字，抓取 logcat 中的启动时间信息。命令为 `adb logcat | grep "ActivityManager"`，显示如下时间信息。注意这里的时间不包括数据的加载，因为很多应用在加载时会启动懒加载模式，即数据获取后再刷新显示 UI，所以，如果需要获取全部时间包括数据加载时间，需要在你的 activity 代码的 `onLoadFinished` 函数中加上 `reportFullyDrawn()`。

```
I/ActivityManager: START u0 {act=android.intent.action.MAIN cat=[android.intent.category.LAUNCHER] flg=0x1
I/ActivityManager: Start proc 30577:com.tencent.mm/u0a158 for activity com.tencent.mm/ui/LauncherUI
I/ActivityManager: Displayed com.tencent.mm/ui/LauncherUI: +2s86ms
```

- 方法 3: TraceView 工具。我们在 UI 和 CPU 性能优化中介绍了 TraceView，其可以完整地显示每个函数/方法的时间消耗，有两种使用方式。
 - ◆ 直接通过 DDMS 的 start traceview 启动，弹窗选择 trace 模式开始记录。
 - ◆ 代码集成方式，在需要调试的地方加入 `Debug.startMethodTracing("XX")`，在结束的地方加入 `Debug.stopMethodTracing()`，运行后将生成 XX.trace 文件，然后

通过 DDMS 打开该 trace 文件即可分析, 注意需要"android.permission.WRITE_EXTERNAL_STORAGE"权限。

说明: 上面所说的是普通应用启动时间度量, 如果是游戏类应用, 那启动时间还需要加上游戏本身的 Activity 启动时间, 即游戏 App 启动时间=系统启动时间+游戏 Activity 启动时间。

✧ App 启动时间度量 (iOS 篇)

- iOS App 中, 比较完美的启动时间为 400ms 以内, 允许的最大启动时间为 20s, 超过这个时间会被系统直接 kill^[34]。
- iOS App 启动时间度量相对来说比较简单, Xcode 提供了直接度量工具。具体为在 Xcode 的 Product→Scheme→Edit Scheme→Run→Auguments 中, 将环境变量 DYLD_PRINT_STATISTICS 设为 YES (不存在的话新增), 如图 9-21 所示, 设置后在控制台将会打印部分项时间花费以及总耗时, 如图 9-22 所示。

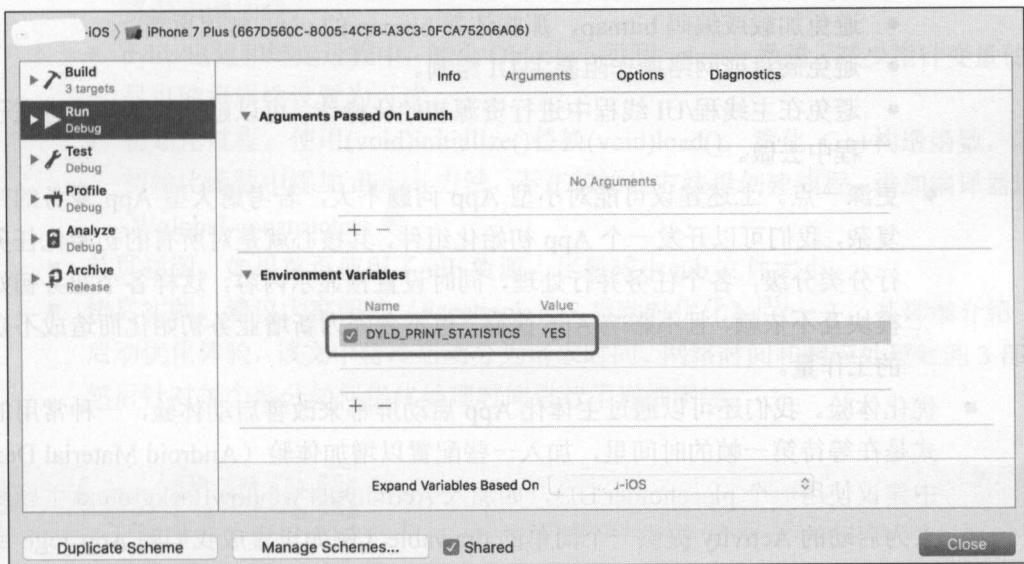


图 9-21 iOS App 启动时间度量设置

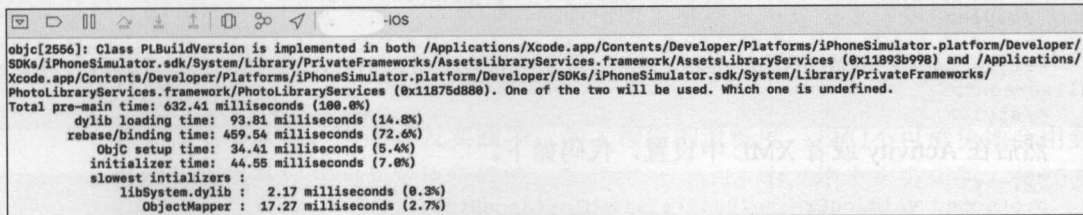


图 9-22 iOS App 启动时间信息

9.7.3 App 启动速度优化

App 启动速度优化，也称 App 快启，主要从减少耗时和优化体验两个部分进行优化即可，如下分别从 Android 和 iOS 对这两部分优化进行阐述。

◇ App 启动速度优化最佳实践（Android 篇）

■ 减少耗时。

- ◆ Application。减轻繁重的 App 初始化，除非立即需要的，其他对象都采取延迟初始化/懒初始化，全局静态对象放到一个单例中懒初始化；在构造方法、attachBaseContext()、onCreate()中不做耗时操作；一些数据预取放在异步线程/后台任务中等。
- ◆ Activity。减轻繁重的 Activity 初始化。
 - 避免大量复杂布局，尽量减少布局的层次和嵌套布局。
 - 不必要在启动时展示的 view 可以通过 ViewStub 实现，需要时再填充。
 - 避免加载或编码 bitmap，那些依赖 bitmap 的 view 延迟更新。
 - 避免硬盘或网络操作阻塞主 UI 绘制。
 - 避免在主线程/UI 线程中进行资源初始化操作，可以延迟初始化或者在子线程中去。

- ◆ 更深一点。上述建议可能对小型 App 问题不大，若考虑大型 App 业务的错综复杂，我们可以开发一个 App 初始化组件，其核心就是对所有的初始化任务进行分类分级，各个任务并行处理，同时设置预显示内容，这样各个业务初始化模块互不依赖，且不影响 App 快启，也不会因为新增业务初始化而造成不必要的工作量。

- 优化体验。我们还可以通过主体化 App 启动屏幕来改善启动体验，一种常用的方式是在等待第一帧的时间里，加入一些配置以增加体验（Android Material Design 中建议使用一个 placeholder UI），如加入 Activity 的 windowBackground 主题属性来为启动的 Activity 提供一个简单的 drawable（例如设置成我们的 App logo 或者透明色等），这个背景会在显示第一帧前提前显示在界面上，具体代码如下。

```
<style name="AppStartingWindowLogo" parent="AppTheme">
    <item name="android:windowBackground">@mipmap/logo</item>
</style>

<style name="AppStartingWindowTrans" parent="android:Theme.Translucent.NoTitleBar.Fullscreen">
</style>
```

然后在 Activity 或者 XML 中设置，代码如下。

```
@Override
protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
    setTheme(R.style.AppStartingWindowTrans);
    super.onCreate(savedInstanceState);
}
```



```
setContentView(R.layout.activity_main);
```

◇ App 启动速度优化最佳实践 (iOS 篇)

- iOS 中, App 是以镜像 (image) 为单位进行加载的, 镜像类型包括 executable (可执行文件)、dylib (动态链接库) 和 bundle (资源文件)。App 启动后, 系统先加载 executable, 然后加载 dylib, dylib 从 executable 的依赖开始执行, 递归加载所有的动态链接库。这是 iOS App 启动的前部分, 后部分主要是构建首个界面, 并完成渲染展示。具体在实践 iOS App 启动速度优化前, 需要了解 iOS App 相关运行理论, 涉及 Mach-O 文件类型、虚拟内存机理、Mach-O 二进制文件的加载过程等, 建议大家阅读一下 WWDC 2016 Session 406^[34], 对这些理论知识进行了解, 启动速度的优化就是针对 App 运行的每一个过程而进行。
- dylib 过程。
 - ◆ dylib 加载过程中, 我们可以减少非系统库依赖, 合并相同功能库, 使用静态资源和懒加载。
 - ◆ dylib 重建和绑定过程中, 减少 Objective 类和 selector 数量, 减少指针变量使用, 尽可能将属性设置为可读。
 - ◆ 初始化过程。使用(void)initialize()替换(void)load(), 简化 C++构造函数, 不在初始化函数中添加 dlopen 方法, 不在初始化方法里创建线程, 添加编译器选项 -Wglobal-constructors 等。
- 首页视图。如果首页使用了 nib 资源, 尽量减小 nib 文件大小。
- 快启实践。建议大家阅读《Facebook iOS 启动时优化》^[35]一文, 其详细介绍了冷启动优化体验, 该文中将冷启动分为请求时间、网络时间和响应处理时间 3 部分, 然后针对每个部分如何优化处理时间进行了详细阐述。

9.8 App 代码优化

上述小节中分别从各个不同性能指标维度对性能优化进行了阐述, 本节我们从代码细节优化上做些讨论和建议。一般来说, 高效的代码满足两个条件: 无冗余工作和尽可能避免过多的内存操作。下面我们从多线程优化、JSON 解析等几部分进行优化阐述。

◇ 多线程优化

- 我们需要多线程。程序开发实践中, 为了程序的流畅度, 我们不可避免地会用到多线程来提升程序的并发执行性能。例如在 Android 中, 绝大多数代码, 包括系统事件、输入事件、程序回调、UI 绘制、闹钟事件等, 都必须在主线程执行, 而如果我们在这些方法/事件中添加复杂代码, 都将阻碍主线程 UI 绘制, 导致掉帧、

卡顿等现象，所以我们需要多线程方案。

- 多线程使用。Android 中，线程相关方案有 `AsyncTask`、`HandlerThread`、`IntentService` 与 `ThreadPool` 等，iOS 中有 `pthread`、`NSThread`、`GCD`、`NSOperation` 等，不同场景下需要选择不同的方案。更多多线程知识可以参考前面章节“App 基础语法系列”中的阐述。
- 主线程/UI 线程。不要在任何非 UI 主线程里去做任何 UI 相关操作。去持有 UI 任何对象。
- 多线程并发。为了避免阻塞主线程或减轻主线程过重任务，通过多线程并发来完成一些子业务和子任务。因为增加并发线程数必定会导致内存消耗的增加，同时多线程并发访问同一块内存区域也可能带来很多潜在风险和问题，所以线程锁是我们多线程并发中必须要考虑的。
- 线程池使用。线程池适合把任务进行分解，这也是我们多线程开发中需要考虑的，线程池中需要特别注意并发线程数量的控制，防止并发数量超过 CPU 负载而导致更多 CPU 消耗。同时记得设置子线程优先级，从而减轻 CPU 轮询线程优先级或和主线程的资源抢占而导致的资源消耗。

◇ JSON 解析

- JSON 作为一种轻量级的数据交换格式，可以说 App 中必会用到。如果 App 中涉及大量 JSON 生成和解析，会生成大量临时对象，消耗较多 CPU 和内存资源，也可能导致 GC 等，这些都会影响 App 性能。
- Android 中，JSON 相关库主要是 Android 自带 JSON 库、Google Gson 库以及 FastJSON 库，3 个库在效率上会有一定的差异性。如果感兴趣，大家可以写一个测试程序，从耗时、CPU 占用率以及内存表现来对比上述 3 个 JSON 库，注意最好同时对比单线程以及多线程，这里限于篇幅，直接给出结论。
 - ◆ FastJSON 在 JSON 创建方面性能不错，但如果涉及 set 和 get，那么会对性能影响较大，适合不太复杂的数据下使用。
 - ◆ 小型 App 不太复杂的 JSON 数据下，从工作效率方面考虑，建议使用 Gson 或 FastJSON 库；大型 App 复杂 JSON 数据下，建议使用 Android 自带 JSON 库。
 - ◆ 及时去除多余的字段、属性及不需要的数据。这个在我们实际应用中经常会遇到，版本升级、API 升级、字段新增等，虽然很多熟悉的数据或字段都没用了，但一般仍保留着，这些对解析性能都会有一定的影响。
- iOS 中，JSON 相关库非常多，包括 iOS 原生和第三方 YAJL、NSJSONSerialization、NextiveJSON、TouchJSON、SBJSON、JSONKit 等。如果从性能上考虑，尽量选择官方原生，如果从开发效率等方面出发选择第三方库，可以试试 YAJL，在 Swift 中笔者主要用的是 SwiftyJSON 库。

◇ Android 专栏

■ String 专栏。

- ◆ String 创建。建议使用直接赋值方式，不采用 new 方式，因为 Java 本身对 String 有一个字符串常量池的优化，直接赋值的方式在创建字符串时，如果存在会直接引用。
- ◆ String 拼接。常见的有+、string.concat、StringBuilder 和 StringBuffer 等方式。+的方式是性能最差的，尽量避免，例如 str += “Hi”，编译器优化后，实际等效于 str = new StringBuilder(str).append(“hi”).toString()，这不用多解释了吧，简单的+涉及3步操作，性能好才怪呢，建议使用 StringBuilder 或 StringBuffer 方式。不过注意，在使用 StringBuilder 拼接变量+常量或者变量+变量（int 除外）时，建议分开在不同的 append 中进行，否则编译器会自动生成一个 StringBuilder 对象，造成不必要的性能损耗。
- ◆ String 拆分。常见的有 split、StringTokenizer、substring 等方式，其中，StringTokenizer 性能是最快的，split 方法最慢，尽量避免。
- ◆ String 查找。常见的有 indexOf、matches、startsWith/endsWith 等方式，其中，基于 native 方法及字符数组操作的 indexOf 是性能很高的，而使用了正则表达式的 matches 性能会差很多。
- 枚举。Java 1.5 中引入了枚举，包括 Enum、EnumSet 和 EnumMap 等，很多经典 Java 书籍中推荐使用枚举代替 int 常量，而 Android 开发中，特别是大型 App，建议能不用枚举就不用，这也是 Google 官方的强烈建议^[4]。因为使用枚举会增加 dex 大小及方法数，同时会增加内存的使用，会增加函数的调用时间等，受限于 Android 设备内存和安装程序大小，所以建议尽量不用枚举。
- 注解和反射。注解和反射一般比普通方法耗时，存在一定的性能损耗，使用时结合业务灵活取舍，同时可以结合缓存等机制一起使用，避免反复调用。
- 序列化。Android 序列化有 Parcel 和 Serializable 两种方式，一般内存数据的传递上建议使用 Parcel，因为 Serializable 过程涉及 ObjectInputStream 和 ObjectOutputStream 这两个类来实现，且方法都是反射实现，这将导致较大的性能差异；而针对永久序列化的存储，建议优先考虑 JSON 文件存储，其次是 Parcel 序列化文件存储，尽量不使用 Serializable 序列化存储。
- 正确使用单例和非静态内部类。在本书前面“App 基础语法系列”和“App 架构和重构”相关内容中有阐述，不再赘述。
- Google 官方代码优化建议^[3]。
 - ◆ 避免不必要的对象。例如，建议用一组 int 代替一组 Integer，两组一维数组比一个二维数组更有效率等。

- ◆ 选择 Static 而不是 Virtual。
- ◆ 常量声明为 Static Final。
- ◆ 避免内部的 Getters/Setters。虚函数的调用比直接访问变量要耗费更多性能。
- ◆ 使用增强的 for 循环（for-each 循环）。如下是官方提供的例子，zero 是最慢的，one 居中，two 在没做 JIT 时是最快的，所以尽量使用 for-each 方法，但是对于 ArrayList，请使用 one 方法。

```
static class Foo {
    int mSplat;
}

Foo[] mArray = ...

public void zero() {
    int sum = 0;
    for (int i = 0; i < mArray.length; ++i) {
        sum += mArray[i].mSplat;
    }
}

public void one() {
    int sum = 0;
    Foo[] localArray = mArray;
    int len = localArray.length;

    for (int i = 0; i < len; ++i) {
        sum += localArray[i].mSplat;
    }
}

public void two() {
    int sum = 0;
    for (Foo a : mArray) {
        sum += a.mSplat;
    }
}
```

- ◆ 使用包级别访问而不是内部类的私有访问。
- ◆ 避免使用 float 类型。Android 中 float 数据存储速度是 int 的一半，尽量 int 优先。
- ◆ 使用库函数。
- ◆ 谨慎使用 native 函数。结合 Android NDK 使用 native 开发并不总是比 Java 直接开发效率更好，且 Java 转 native 代码存在一定的性能代价。
- Netcyrax 整理的 *Effective Java* 一书^[39]中有适合 Android 的一些建议^[40]。
 - ◆ 通过将构造函数的访问权限设为 private 来限制使用 new 关键字生成对象，尤其针对那些仅包含静态方法的工具类。
 - ◆ 使用静态工厂方法代替 new 关键字创建对象。
 - ◆ 当构造函数的方法中有 3 个以上参数时，考虑用 builder 去构建对象，便于扩展。
 - ◆ 创建内部类时，不依赖外部类，一定要定义静态类，否则可能持有外部引用。

- ◆ 使用泛型，尽量保证编译期的类型安全。
- ◆ 一个方法的返回值类型是 List/collection，返回一个空 collection 代替返回 null。
- ◆ 仅当只有少数 String 时，可考虑使用 “+”，其他尽量使用 StringBuilder。

◇ iOS 专栏

iOS Tutorial Team 成员 Marcelo Fabri 总结了一篇《25 条提高 iOS App 性能的建议和技巧》^[36]的文章，非常实用，大部分前面内容已涉及，摘录整理如下。

- ◆ 用 ARC 去管理内存 (Use ARC to Manage Memory)。
- ◆ 适当的地方使用 reuseIdentifier (Use a reuseIdentifier Where Appropriate)。
- ◆ 尽可能设置视图为不透明 (Set View as Opaque When Possible)。
- ◆ 避免臃肿的 XIBs (Avoid Fat XIBs)。
- ◆ 不要阻塞主进程 (Don't Block the Main Thread)。
- ◆ 调整图像视图中的图像尺寸 (Size Images to Image Views)。
- ◆ 选择正确集合 (Choose the Correct Collection)。
- ◆ 启用 Gzip 压缩 (Enable Gzip Compression)。
- ◆ 重用和延迟加载视图 (Reuse and Lazy Load Views)。
- ◆ 缓存，缓存，缓存 (Cache, Cache, Cache)。
- ◆ 考虑绘图 (Consider Drawing)。
- ◆ 处理内存警告 (Handle Memory Warnings)。
- ◆ 重用大开销对象 (Reuse Expensive Objects)。
- ◆ 使用精灵表 (Use Sprite Sheets)。
- ◆ 避免重复处理数据 (Avoid Re-Processing Data)。
- ◆ 选择正确的数据格式 (Choose the Right Data Format)。
- ◆ 适当地设置背景图片 (Set Background Images Appropriately)。
- ◆ 减少你的网络占用 (Reduce Your Web Footprint)。
- ◆ 设置阴影路径 (Set the Shadow Path)。
- ◆ 优化你的表格视图 (Optimize Your Table Views)。
- ◆ 选择正确的数据存储方式 (Choose Correct Data Storage Option)。
- ◆ 加速启动时间 (Speed up Launch Time)。
- ◆ 使用自动释放池 (Use AutoRelease Pool)。
- ◆ 缓存图像 (Cache Images-Or not)。
- ◆ 尽可能避免日期格式化器 (Avoid Date Formatters Where Possible)。

◇ 其他

- 避免滥用日志。开发中避免不了调试和输出，而日志泛滥是不少性能问题的根本原因。建议使用统一的日志打印库，统一管理，区分版本，特别注意 release 版本

中，不是简单把日志关闭，而是不要调用日志输出函数，不然虽然没 log，但程序还在执行，性能还是有影响。另外，平时开发 debug 中，注意查看多余的日志，及时提醒团队成员是否需要，及时清除不必要的 log。

- 关于 App 性能优化及高性能 App 开发更多实践，建议大家阅读 Doug Sillars 的《高性能 Android 应用开发》^[37]以及 Hervé Guihot 的《Android 应用性能优化》^[38]。

9.9 本章小结

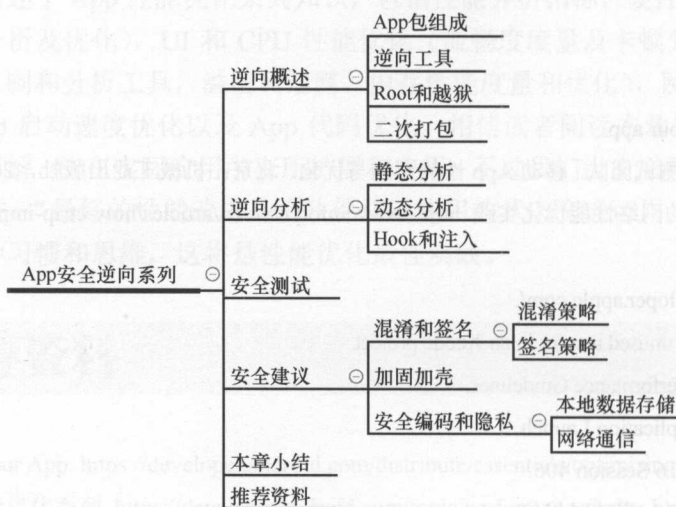
本章为大家阐述了 App 性能优化系列知识，包括性能分析指标，硬件性能优化（电量获取和度量，耗电分析及优化），UI 和 CPU 性能优化（流畅度度量及卡顿分析和优化），内存性能优化（内存机制和分析工具，溢出和泄露，内存性能度量和优化），网络性能优化，App 包 Size 优化，App 启动速度优化以及 App 代码优化。相信读者阅读本章后对 App 性能优化这块有了一定的了解，能在实际应用中有所扩展和应用。不过我们没有必要为了优化而优化，J. Osterhout 曾说过：“最好的性能改进是将软件从不能用的状态变成可用。”把性能作为我们实际编码中的一种习惯和思维，这将是性能优化最佳实践。

9.10 推荐资料

- [1] Optimize Your App. <https://developer.android.com/distribute/essentials/optimizing-your-app.html>.
- [2] Google 性能优化系列. <https://developer.android.com/topic/performance/index.html>.
- [3] Google 最佳性能实践. <https://developer.android.com/training/best-performance.html>.
- [4] Android 性能优化典范.
- [5] Android Performance Patterns.
- [6] 深入浅出 Android App 耗电量统计.
- [7] 鹅厂揭秘——高端大气的 App 电量测试.
- [8] Coding for Life - Battery Life, That Is.
- [9] 邓凡平. 深入理解 Android 卷 II. 北京：机械工业出版社，2015.
- [10] UIDeviceListener.
- [11] Optimizing Battery Life.
- [12] xiaosongluo. <http://blog.csdn.net/xiaosongluo>.
- [13] 腾讯 Bugly 干货分享：Android 应用性能评测调优. <http://www.csdn.net/article/2015-06-12/2824949/1>.
- [14] 那些年我们用过的显示性能指标-腾讯大讲堂. <http://djt.qq.com/article/view/1457>.

- [15] KMCGeigerCounter.
- [16] AndroidPerformanceMonitor.
- [17] TextView 预渲染研究.
- [18] Android Train 系列. <https://developer.android.com/training/index.html>.
- [19] 罗升阳.Android 系统源代码情景分析. 北京: 电子工业出版社, 2012.
- [20] AsyncDisplayKit.
- [21] <https://developer.android.com/studio/profile/index.html>.
- [22] Testing UI Performance.
- [23] <https://developer.android.com/studio/profile/systrace.html>.
- [24] TinyDancer.
- [25] GT.
- [26] LeakCanary.
- [27] Speed up your app.
- [28] TMQ 专项测试团队. 移动 App 性能评测与优化. 北京: 机械工业出版社, 2016.
- [29] 携程 App 的网络性能优化实践. <http://www.infoq.com/cn/articles/how-ctrip-improves-app-networking-performance>.
- [30] <https://developer.apple.com/>.
- [31] How to find unused images in an Xcode project.
- [32] Code Size Performance Guidelines.
- [33] Android Application Launch.
- [34] WWDC 2016 Session 406.
- [35] Facebook iOS 启动时优化.
- [36] 25 iOS App Performance Tips & Tricks.
- [37] Doug Sillars. 高性能 Android 应用开发. 王若兰, 等, 译. 北京: 人民邮电出版社, 2016.
- [38] Hervé Guihot. Android 应用性能优化. 白龙, 译. 北京: 人民邮电出版社, 2012.
- [39] Joshua Bloch.Effective Java.Addison-Wesley,2008.
- [40] Effective Java for Android (cheatsheet).

第10章 App 安全逆向系列



本章内容概览

本章要为大家介绍的是 App 的安全和逆向系列，主要围绕 App 的攻防进行讲述，包括逆向概述（基础）、逆向分析（攻）、安全测试（评测）和安全建议（防）。

10.1 逆向概述

在开始 App 攻防之旅前，本小节为大家普及一下相关基础知识，包括 App 包组成、逆向工具、Root 和越狱、二次打包等概念。诚然，安全与逆向涉及很多基础知识，特别是计算机底层、汇编（Assembly Language）级别的，如汇编原理，ARM 汇编相关，CPU 相关的 Instruction、Machine Code、CPU Register 等，本书不对这部分基础知识进行阐述，大家可以参阅《加密与解密》^[1]和《逆向工程核心原理》^[2]中相关知识。

10.1.1 App 包组成

关于 App 的打包流程，我们在“App 常用模块设计”中讲解过了，这里再来介绍一下 APK 和 IPA 包结构相关知识。

Android 下，App 是以 APK 格式呈现。APK 是 Android Package 的缩写，即 Android 安装包，APK 文件本质是一个压缩文件，后缀名改成了 apk，可以直接修改成 zip 格式解压缩。我们以 XKnife 为例进行说明，如下所示为 XKnife 解压缩后的目录结构（Windows 下可以用 tree 命令获取）。

```

├─ META-INF
├─ res
│   ├── anim
│   ├── anim-v21
│   ├── color
│   ├── color-v11
│   ├── color-v23
│   ├── drawable
│   ├── drawable-xhdpi-v4
│   ├── drawable-xxhdpi-v4
│   ├── layout
│   ├── mipmap-hdpi-v4
│   ├── mipmap-mdpi-v4
│   ├── mipmap-xhdpi-v4
│   ├── mipmap-xxhdpi-v4
│   └── mipmap-xxxhdpi-v4
├─ resources.arsc
├─ assets
├─ lib
├─ AndroidManifest.xml
└─ classes.dex
  
```

其中，各个文件/文件夹含义如下，与之对应的源码结构如图 10-1 所示。

- **classes.dex**: Java 源码编译后的字节码文件。
- **resources.arsc**: 编译后的二进制资源映射表文件，用来描述 Android 资源 ID 的映射表。
- **res**: 资源文件，是 resid 资源 ID 的映射表。
- **assets** 文件: 存放一些配置文件及本地资源、图片资源等。
- **lib** 库文件: 存放一些 jar、so 文件。
- **AndroidManifest.xml**: 清单文件，描述了应用的名字、版本、权限、引用的库文件等信息。
- **META-INF**: 签名信息文件。

另外，还有配置文件 `project.properties` 和代码混淆文件 `proguard.cfg`，这些一般是不会打包进 APK 的。

iOS 中，App 以 IPA (iPhone Application) 格式呈现，同 APK，其本质也是一个压缩文件，主要包含以下几部分。

- **Payload**: 目录文件夹，里面包含了 App 使用的图片以及二进制文件等。

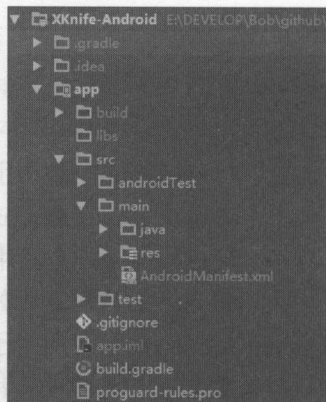


图 10-1 XKnife 源码结构

- `xx.app`: 可执行程序, 本质也是一个目录, 从 `xcarchive` 包获取。
- `iTunesArtwork`: 实际上是无后缀的 `png` 图片, 用于在 `iTunes` 等上显示图标。
- `iTunesMetadata.plist`: 记录购买者的信息、软件版本、售价等。

而手机中, `iOS` 应用是一种沙盒目录 (Sandbox) 机制, 应用只能访问自己沙盒目录里面的文件、网络资源等 (当然也有例外, 比如系统通讯录、照相机、照片等能在用户授权的情况下被第三方应用访问), 其目的是为了防止被攻击的应用危害到系统或者其他应用, 但它并不能阻止应用本身被攻击。每个沙盒都是相似的结构, 如图 10-2 所示, 具体目录如下^[9]。

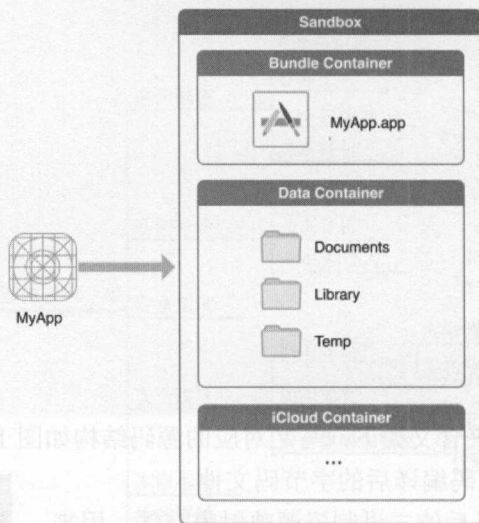


图 10-2 iOS 沙盒目录^[8]

- `Documents`: 是应用程序数据文件目录, 用于存储用户数据, 可通过配置实现 `iTunes` 共享文件, 可被 `iTunes` 备份 (默认备份)。
- `MyApp.app`: 是应用程序的程序包目录, 包含应用程序的本身。在运行时不能对这个目录中的内容进行修改 (应用程序必须经过签名)。
- `Library`: 包含两个子目录, 分别为 `Preferences` 和 `Caches`, 该路径下可创建子文件夹, 除 `Caches` 以外, 该路径下的文件夹都默认会被 `iTunes` 备份。
- `Preferences`: 应用程序的偏好设置文件, 使用 `NSUserDefaults` 类来取得和设置应用程序的偏好。
- `Caches`: 存放应用程序专用的支持文件, 保存应用程序再次启动过程中需要的信息。
- `Temp`: 存放临时文件, 保存应用程序再次启动过程中不需要的信息, 该路径下的文

件默认不会被 iTunes 备份。

各个文件目录的获取方式如下代码所示，另外还可以通过 `NSSearchPathForDirectoriesInDomains` 来查找目录。

```
// 获取沙盒主目录路径
NSString *homeDir = NSHomeDirectory();
// 获取 Documents 目录路径
NSString *docDir = [NSSearchPathForDirectoriesInDomains(NSDocumentDirectory, NSUserDomainMask, YES) firstObject];
// 获取 Library 的目录路径
NSString *libDir = [NSSearchPathForDirectoriesInDomains(NSLibraryDirectory, NSUserDomainMask, YES) lastObject];
// 获取 Caches 目录路径
NSString *cachesDir = [NSSearchPathForDirectoriesInDomains(NSCachesDirectory, NSUserDomainMask, YES) firstObject];
// 获取 Temp 目录路径
NSString *tmpDir = NSTemporaryDirectory();
```

iOS 应用程序主要有 3 种类型^[7]，分别是 Application、Dynamic Library 和 Daemon（都是些二进制文件）。

- **Application**。开发提交到 App Store 的应用即是 Application，设备没有越狱的情况下，应用只能访问沙盒内存文件和数据。
- **Dynamic Library**（动态链接库，dylib）。与 Windows 平台下的 dll 类似，在 Xcode 工程里导入的各种 framework，链接本质都是 dylib，越狱程序开发就是 dylib 形式。注意如果提交到 App Store 的应用包含 dll 是无法通过审核的（阿里巴巴的 yonsm 提供了一个向未越狱设备上修改第三方 App 的功能——iPAFine^[34]，感兴趣的读者可以尝试一下）。
- **Daemon**。后台程序，类似 Android 的 Service 概念。

iOS LinkMap 也是我们需要了解的一个概念，iOS App 编译后，除了一些资源文件，剩下的就是一个可执行文件，这个可执行文件就是 LinkMap，LinkMap 的分析对我们分析包 Size 及优化有很大帮助，具体参考“App 性能优化系列”章节中包 Size 相关内容。

10.1.2 逆向工具

如今，App 逆向工具非常多，可以说随着技术的推进和成熟，在逆向分析的道路上，工具不仅越来越多，而且越来越简单易用。笔者整理了一下常见逆向工具，如图 10-3 和图 10-4 所示。

Android 下，最初也是最原始的逆向工具是基于 dex2jar+JD-GUI+AXMLPrinter+apktool 的组合，这是一种纯命令操作，步骤烦琐。后来随着越来越多封装好的图形化软件的出现，同时随着 Android 的推广，Google 也推出 ClassyShark 和 APK Analyzer（Android Studio 2.2+）等众多实用工具，我国国内也拥有了 APKIDE 这种非常实用的工具。

iOS 下，笔者参考《iOS 应用逆向工程》^[7]，也将 iOS 逆向工具分为四大类，分别为监测工具、反汇编工具、调试工具和开发工具，详述如下。

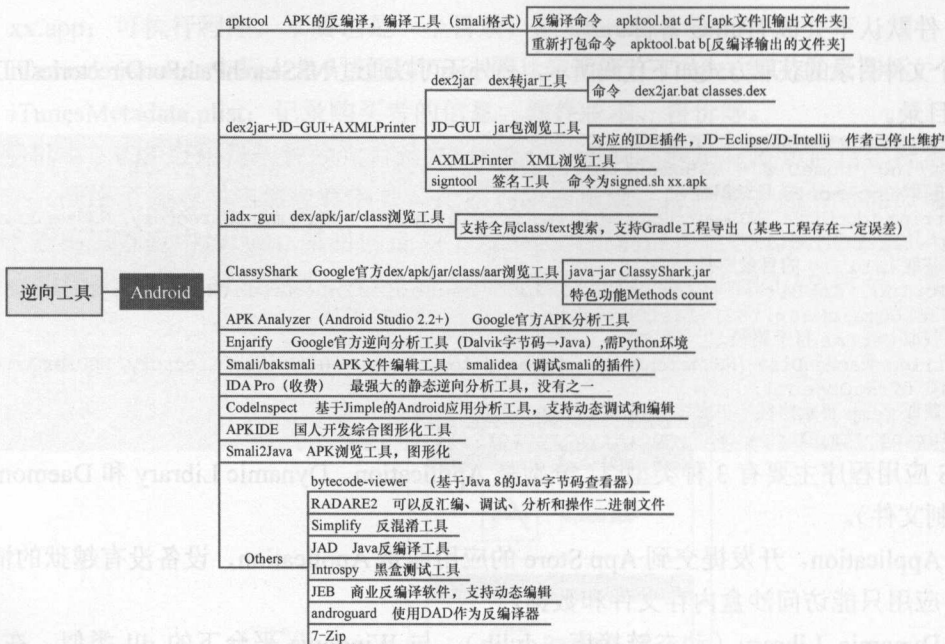


图 10-3 常见逆向工具 (Android 篇)

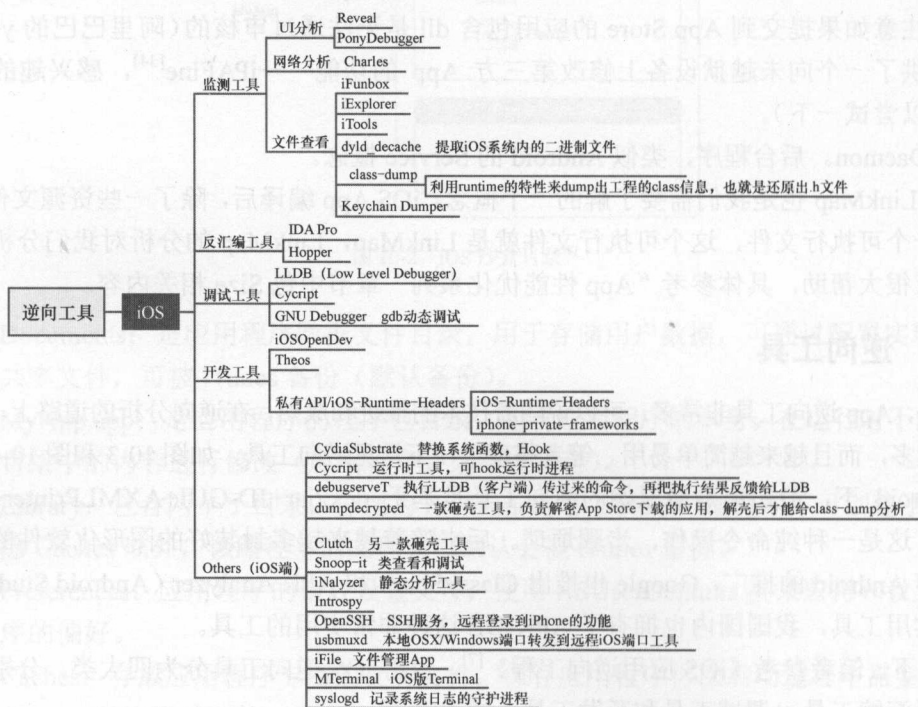


图 10-4 常见逆向工具 (iOS 篇)

- 监测工具。嗅探、监测、记录目标程序行为的工具统称为监测工具，如 UI 分析、网络分析、文件访问等工具。例如 UI 分析工具主要有 Reveal 和 PonyDebugger，类似于 Android 中的 UIAutomator Viewer 工具。
- 反汇编工具。用于对二进制文件的汇编输出，常用工具主要是 IDA Pro 和 Hopper。
- 调试工具。用于动态运行调试程序，常用工具有 LLDB 和 Cycript 等。
- 开发工具。用于开发辅助工具，主要有 Xcode、iOSSOpenDev 和 Theos。

除此之外，iOS 手机端也需要安装和配置一些工具，最常见的有 CydiaSubstrate、Cycript、debugserver 和 Snoop-it。特别说一下 Snoop-it，这是一款集成查看和调试类的工具，允许我们进行运行时分析和对 iOS 应用进行黑盒安全评估，Web 界面呈现，可以代替我们常规通用的流程（用 class-dump-x 来导出 iOS 应用的类信息，利用 Cycript 挂钩进程，执行运行时操纵和 method swizzling，用 gdb 分析 App 的流程）。

10.1.3 Root 和越狱

Root 权限通俗地理解就是超级管理员权限，类似于 Windows 系统中的 Administrator。Linux 和类 UNIX 系统的最初设计都是针对多用户的操作系统，对于用户权限的管理是非常严格的，而 Root 用户（超级用户）就是整个系统的唯一管理员，拥有等同于操作系统的所有权限，所以一旦获取到 Root 权限，就可以对整个系统进行访问和修改。Android 中直接命名为 Root，而 iOS 越狱（Jailbreaking）也是这个概念，其是获取 iOS 设备的 Root 权限的技术手段，越狱后可以获取系统文件夹权限。

在 Linux 下，键入 Su，并输入用户密码，就可以切换到 Root 用户了，而 Android 本质上还是 Linux 系统，同样可以输入 Su 来切换到 Root 用户。Google 规定，只有两个用户可以获取 Root 权限，分别为 Root 用户和 Shell 用户，前者通过 Su，后者通过 ADB。至于如何 Root/越狱，这里不讨论，相关方法和工具非常多，例如 Android 下 KingRoot 工具，iOS 中的 iOSSOpenDev 和 Theos 等。获取 Root 权限后，你可以按照自己的意愿修改系统，可以通过 Xposed 安装各种插件，静默安装，可以卸载预装应用，可以短信拦截和电话监听，可以管理应用权限等。我们还可以在代码中使用 Root 权限，如下所示（Android）。

```
Process process = Runtime.getRuntime().exec("su");
OutputStream os = process.getOutputStream();
os.write("Your cmds"+"\\n");
os.flush();
os.close();
```

Root 可以分为临时 Root、永久 Root、删除 Root 和免 Root 四大类，具体大家可以参考《Android 安全技术揭秘与防范》^[5]。

10.1.4 二次打包

二次打包是逆向中的一个概念，其通过静态分析破解获取源码，嵌入恶意病毒、广告等

行为，再利用工具打包、签名，形成二次打包应用，当然主要是针对 Android。我们实际开发中，需要在代码中添加必要的 check 业务，防止被二次打包等行为，具体参见下述“安全测试”和“安全建议”相关知识。

10.2 逆向分析

“逆向工程（又称反向工程），是一种技术过程，即对一个目标产品进行逆向分析及研究，从而演绎并得出该产品的处理流程、组织结构、功能性能规格等设计要素，以制作出功能相近，但又不完全一样的产品。逆向工程源于商业及军事领域中的硬件分析，其主要目的是，在不能轻易获得必要的生产信息下，直接从成品的分析，推导出产品的设计原理。”这是维基百科上对逆向工程的定义^[23]。逆向分析大致可以分为静态分析和动态分析两大类，通常是先静态分析收集应用的相关信息，再动态分析获得进一步的信息。正所谓“动静结合，一动一静，一张一弛，文武之道”，本节我们来阐述逆向分析中这两种最通用的手段。

10.2.1 静态分析

静态分析（Static analysis）是指在不运行计算机程序的条件下，进行程序分析的方法。静态分析方法一般是针对目标文件，当然也可以针对源代码（例如代码检查，最典型的就是 Facebook 的 Infer 工具^[24]），例如获取应用的文件系统结构，分析本地文件，使用反汇编工具（Disassembler，比如 IDA）查看内部代码，分析代码结构等。

App 静态分析需要我们知晓 App 的组成、混淆签名等基础知识，App 包结构在前面内容中有阐述，混淆签名在后面安全建议中讲述。静态分析的流程相对比较简单，关键是工具的使用，例如在 Android 平台下，基于原始组合 apktool+dex2jar+JD-GUI+IDA，我们首先通过 apktool 反编译 APK 获取 dex 等文件信息，然后 dex2jar 将 dex 转换为 jar，再通过 JD-GUI 对 jar 进行查看，如果涉及 so，用 IDA 分析。当然现在有更多其他更好用的工具，具体如图 10-5 所示，这里不一一举例了。

对应的，对于 iOS 下的静态分析，主要工具有 iNalyzer 等，可参考图 10-6 中的监测等工具。具体分析时，我们需要熟知其文件系统，以便可以将数据库文件和 plist 文件导出，iOS 的沙盒结构我们在前面已经阐述过，其保证应用无法访问其他应用数据（特定数据如联系人、照片等可以申请权限），对具体数据的提取归总如下。

- 数据库文件信息提取。Apple 采用 Sqlite 数据库，其后缀通常是.db 或.sqlitedb，要找到所有的.db 文件，可以用命令 `find . -name *.db`，然后用 `sqlitebrowser` 等工具查看。
- plist 文件信息提取。可以通过 iExplore 工具查看 plist 文件中的信息（注意 plist 文件是无保护的，不越狱下任何人都可以导出，所以不要把机密数据存放在 plist 文件中）。

- Keychain 文件信息提取。可以通过 ptoomey3 的 Keychain dumper^[25]导出 Keychain 文件信息，解压缩再分析。

静态分析时，如果涉及网络通信，一般通过抓包即可抓取所需数据信息（抓包/拦截请求/篡改请求数据/模拟弱网环境等）。Android 下常用的抓包工具有 Fiddler 等，iOS 下常用的抓包工具是 Charles，大家可以参考“App 开发工具系列”章节中的抓包工具相关内容。

10.2.2 动态分析

动态分析（Dynamic analysis）是指需要在程序运行时才能进行的程序分析方法，通过调试来分析代码，获得内存的状态等，还可以通过动态分析直接观察应用的文件、网络等。

iOS 中，主要动态分析工具是 LLDB、Cycrypt、Introspy 等。我们可以使用 LLDB 结合 debugserver 动态调试程序；我们可以用 Cycrypt 来进行运行时特定类分析及调试以及方法替换（Method Swizzling），大家可参阅 *ios-application-security-part-8-method-swizzling-using-cycrypt*^[26]一文；我们可以用 Introspy 对 iOS 应用进行黑盒测试，用其追踪器来对应用执行运行时分析，然后用分析器对追踪器生成的数据库文件进行分析，生成一个详尽的 HTML 报告，大家可参阅 *ios-app-security-part-17-black-box-assess-ios-apps-using-introspy* 一文；我们还可以用 GDB 工具以及 iNalyzer 工具对程序进行动态分析，大家可参阅 *ios-application-security-part-22-runtime-analysis-manipulation-using-gdb* 和 *ios-app-security-part-16-runtime-analysis-of-ios-apps-using-inalyzer* 等资料。

Android 下，相对 iOS 下来说比较简单明了，动态分析常用工具有 IDA Pro、AndBug 以及 Android 官方的 DDMS 工具等。其中，IDA Pro 是针对 Native 代码的动态调试工具，AndBug 是针对 Android 程序实现断点调试的工具，DDMS 工具是一系列工具集合，可以进行 Log 逻辑跟踪、TraceView 方法跟踪等。

动态分析时，与静态分析中的抓包类似，如果涉及网络通信的分析，可能需要对网络流量进行分析甚至劫持（渗透测试），可以使用的工具有 Wireshark、TCPDump、Snoop-it（iOS）、Burpsuite 等。

10.2.3 Hook 和注入

Hook 和注入是一种动态篡改程序的方法，属于动态分析范畴。Hook 是一种将自身代码注入被 Hook（勾住）的程序进程中，成为目标进程的一部分，其本质是挟持函数的调用。Android 中一般通过 ptrace 附加进程，然后远程注入 so 库（dlopen 函数），从而实现函数的 Hook。一个标准的注入 Hook 流程如图 10-5 所示（图片来源于百度资深安全研究员周荣誉的《Android 应用劫持的攻与防》^[33]）。Android 中，Hook 可以分为 Java Hook 和 Native Hook 两种，前者结合反射修改 Java 代码，后者使用 Got Hook 和 Inline Hook。目前常见的 Hook/越狱工具如图 10-6 所示。

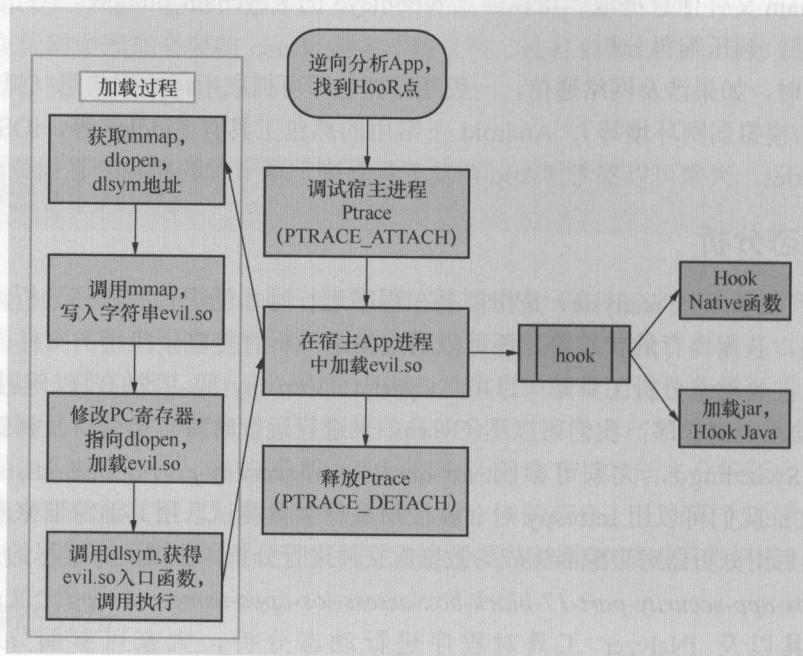


图 10-5 注入 Hook 流程

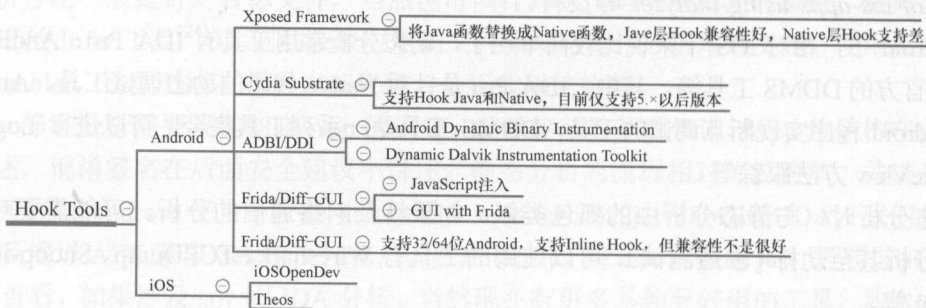


图 10-6 常见 Hook/越狱工具

具体实践时，Android 中，一般的注入思路为：找到目标函数在内存中的地址，将该地址块设置为可写，然后修改目标函数地址的内容，让程序调用目标函数时跳转到我们自己的函数地址，执行完后再跳转回来，也有很多开源项目可以借鉴，例如比较经典的 AllHookInOne^[28]，最原始的 ShellCode Hook 方案^[29]等。

ptrace 是 Android 内核中的一个函数，它能够动态地 attach（跟踪一个进程），detach（结束一个进程），peektext（获取内存字节），poketext（向内存写入地址）。Android 另一个内核函数 dlopen，能够按指定模式打开指定的动态链接库文件，对于程序的指向流程，我们可以

调用 `ptrace` 让 PC 指向 LR 堆栈，最后调用。

10.3 安全测试

而今这个风起云涌的移动互联网高科技世界，海量应用中，各式各样的 App 可能面临木马、病毒、篡改、破解、钓鱼等多重威胁，涉及被二次打包、账号窃取、资源篡改、广告植入和新劫持等操作。在 App 发布前，进行一定的安全测试是必要的（更多关于 App 测试相关内容请参考本书“App 质量和稳定性系列”章节中测试专场相关内容）。

常用的安全测试相关平台或工具有 MobSF^[37]、Drozer^[38]、AndroBugs^[39]、AppMon^[40]等（第三方测试平台一般都会有安全测试和漏洞扫描功能，这里就不介绍了，主流第三方测试平台在“App 质量和稳定性系列”章节中有阐述）。AndroBugs 是一款 Android 漏洞分析工具；AppMon 是一款对 App 运行时的安全进行测试和分析的工具；MobSF 是一款开源的移动安全测试框架，支持 Android/iOS/Windows 移动应用，需要配置的环境包括 Python 2.7+Oracle JDK 1.7+Oracle VirtualBox+iOS IPA 分析所需命令行工具 Conmand-line tool，具体详细配置大家参考官方文档^[37]，配置完后我们可以静态和动态分析应用的安全。图 10-7 所示为 Android APK 的静态分析结果呈现界面。

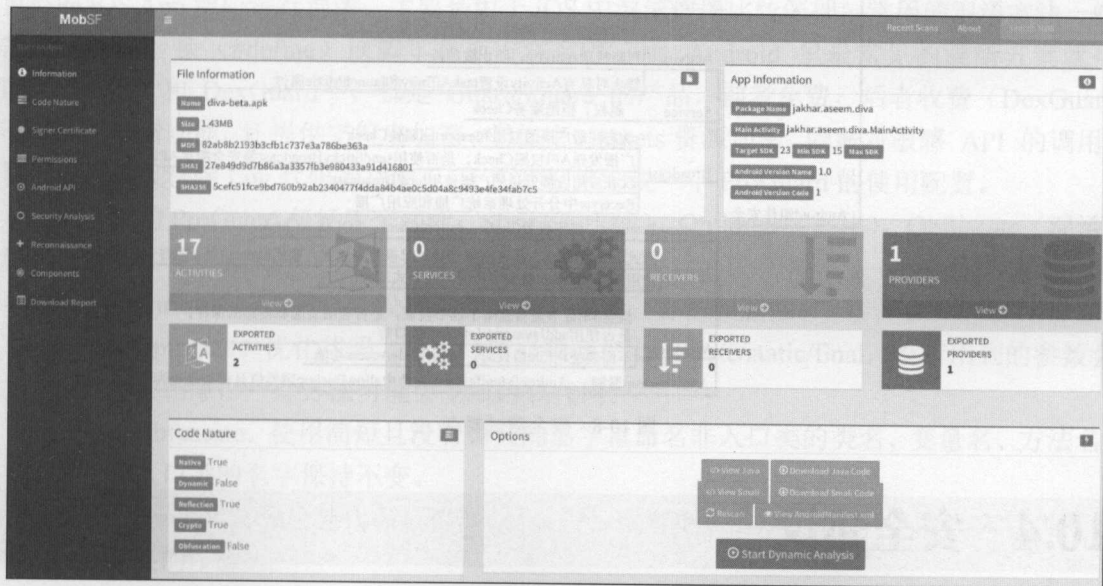


图 10-7 MobSF Android APK 静态分析结果呈现页面

笔者整理了一下安全测试的核心要点，如图 10-8 所示，大家可以对照进行查阅。

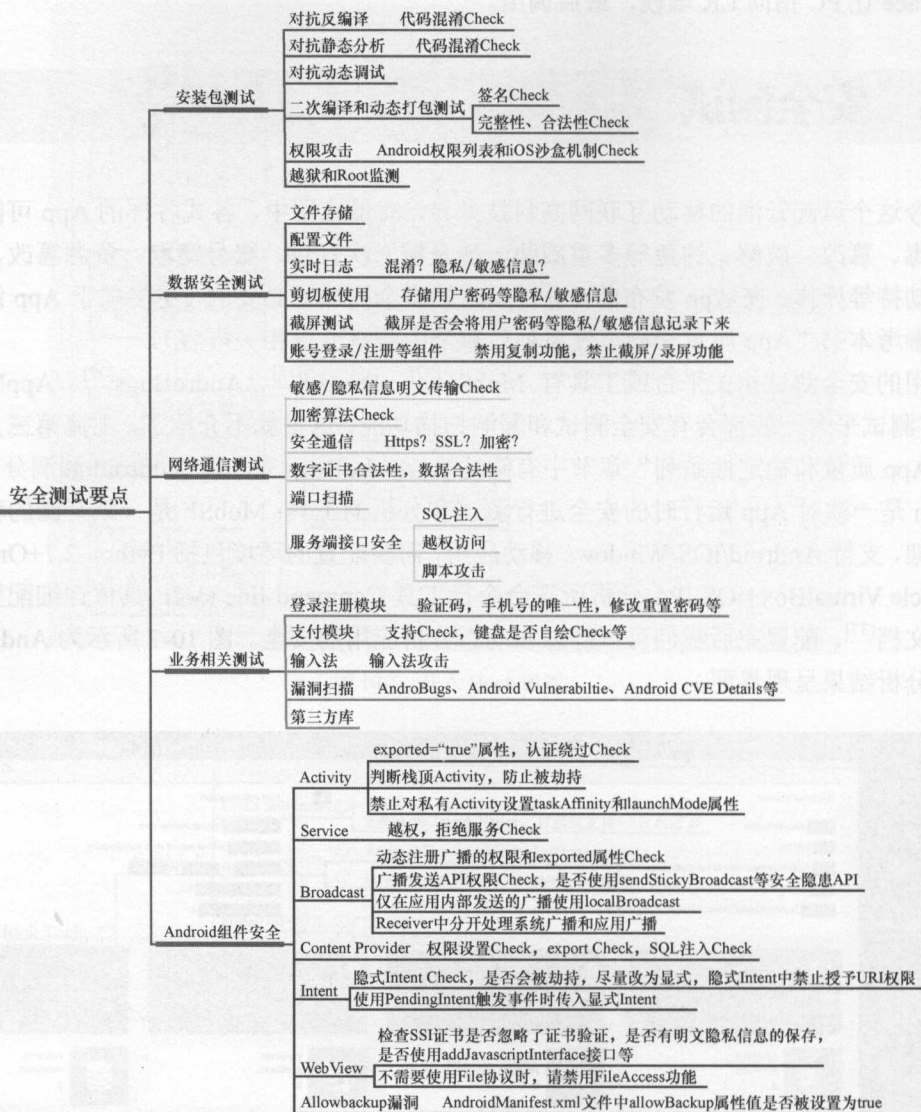


图 10-8 安全测试要点

10.4 安全建议

前面章节介绍了逆向分析及测试, 本节阐述逆向安全中的防守部分——安全建议, 具体包括混淆、签名、加固加壳以及安全编码和隐私相关内容。记住, 没有绝对的安全, 也没有

万能的破解之道，防护策略只是暂时的，破解也只是时间上的问题，攻和防永远都是相生相克的，针尖对麦芒。

10.4.1 混淆和签名

安全和逆向是相辅相成的，为了防止被破解，我们一般会对应用做一些防护策略，可以说，混淆和签名是每个应用必备的最基础的防护策略，当然其中混淆不仅仅是为了防护，还可以减少应用安装包 Size（请参考“App 性能优化系列”章节中包 Size 优化相关内容）。

混淆通俗点理解就是对现有包名、类名、方法名、资源名重命名的过程，一般有两种方式，一种是针对代码进行，另一种是针对资源文件进行。

签名即数字签名，可以简单理解为一个标识，是为了应用的正常升级而做的唯一性标识，其本质就是为了安全，用非对称加密算法防止要保护的内容被篡改，其原理涉及消息摘要算法（Message Digest Algorithm）（根据一定的运算规则对原始数据进行某种形式的信息提取，被提取出的信息就被称作原始数据的消息摘要），著名的有 RSA 公司的 MD5 算法和 SHA-1 算法及其大量的变体。

◆ 混淆策略

相比 Android 下成熟和广泛的混淆（Proguard）技术，iOS 下的混淆相对青涩。有人曾逆向国内的 iOS App^[11]，发现国内的 iOS App 包括腾讯、阿里、百度、网易等，几乎都没有对自己的 iOS App 源码进行混淆，主要是由于 iOS 中混淆使用比较笨拙，常用的混淆方法一般需要采取宏替换（#define）或脚本替换方法名^[12]。而 Android 里最常见的混淆方案就是 ProGuard^[13,14]和 DexGuard^[15]，都是 GuardSquare 的产品，前者免费，后者收费（DexGuard 不仅提供混淆功能，还提供字符串加密、类加密、Assets 资源加密、隐藏对敏感 API 的调用、篡改检测以及移除 Log 代码等功能）。下面我们来细说一下 ProGuard 的使用配置。

通常说的 ProGuard 包括 4 个功能：Shrink（压缩），Optimize（优化），Obfuscate（混淆）和 Preverify（预校验）。

- Shrink。检测并移除没有用到的类、变量、方法和属性。
- Optimize。优化代码，非入口节点类会加上 private/static/final，没有用到的参数会被删除，一些方法可能会变成内联代码。
- Obfuscate。使用简短且没有语义的名字重命名非入口类的类名、变量名、方法名。入口类的名字保持不变。
- Preverify。预校验代码是否符合 Java 1.6 或者更高的规范（唯一一个与入口类不相关的步骤）。

混淆的使用可以采用命令方式或者 Gradle 方式，命令方式下为 `java -jar proguard.jar options`。Gradle 方式通过在 `build.gradle` 中进行配置，开启 `minifyEnabled true`，通过 `getDefaultProguardFile` 获取 ProGuard 文件设置，其中 `proguard-rules.pro` 文件用于添加自定义

ProGuard 规则，可以分渠道指定，也可以加载子模块的 proguard 文件或者直接在 buildTypes 里进行加载（proguard-android-optimize 相对于 proguard-android 开启了 optimize 选项），如下代码所示。构建完后输出 4 个文件，分别如下（文件路径为<module-name>/build/outputs/mapping/release/）。

```
android {
    buildTypes {
        release {
            minifyEnabled true
            //proguardFiles getDefaultProguardFile('proguard-android.txt'), 'proguard-rules.pro'
            proguardFiles getDefaultProguardFile('proguard-android-optimize.txt'),
            'proguard-rules.pro',
            project(":module:xkm_launch").file("proguard-rules.pro")
        }
    }
}

productFlavors {
    flavor1 {
    }
    flavor2 {
        proguardFile 'flavor2-rules.pro'
    }
}
```

- dump.txt。说明 APK 中所有类文件的内部结构。
- mapping.txt。提供原始与混淆过类、方法和字段名称之间的转换（用于解码混淆过的堆信息）。
- seeds.txt。列出未进行混淆的类和成员。
- usage.txt。列出从 APK 移除的代码。

ProGuard 默认会移除所有（并且只会移除）未使用的代码，将对所有代码进行压缩，但很多时候，这并不是我们需要的。常见不需要进行混淆的类和方法如下。

- 反射用到的类不混淆。
- JNI 方法不混淆。
- AndroidManifest 中的类不混淆，四大组件和 Application 的子类及 Framework 层下所有的类默认不会进行混淆。
- Parcelable 的子类和 Creator 静态成员变量不混淆，否则会产生 android.os.BadParcelableException 异常。
- 继承了 Serializable 接口的类。
- 使用 Gson、FastJSON 等框架时，所写的 JSON 对象类不混淆，否则无法将 JSON 解析成对应的对象。
- 使用第三方开源库或者引用其他第三方的 SDK 包时，需要在混淆文件中加入对应的混淆规则。
- 用到 WebView 的 JS 调用时，也需要保证写的接口方法不混淆。

不混淆时，我们需要自定义保留的文件，可以在 `proguard-rules.pro` 文件中通过 `-keep` 进行配置，也可以在代码中通过注解 `@Keep` 进行标识或者 `xml` 中通过 `tools:keep` 指定。下面代码是一些通用不需要混淆的设置，如果是第三方 SDK 或者第三方开源库，可以参考 `android-proguard-snippets`^[16]和 `android-proguards`^[17]两个开源项目，里面对常见的库的混淆设置进行了归总。

```
##### 基础设置 #####
...

##### 通用设置 #####
# 保留 Annotation 不混淆
-keepattributes *Annotation*, InnerClasses

# 避免混淆泛型
-keepattributes Signature
# -keepattributes EnclosingMethod

# 保留 R 下面的资源
-keep class **.R$* {*;}

# 保留 support 下的所有类及其内部类，以及继承
-keep class android.support.** {*;}
-keep public class * extends android.support.v4.**
-keep public class * extends android.support.v7.**
-keep public class * extends android.support.annotation.**

# 保留 4 大组件，自定义的 Application 等不被混淆（这些子类都有可能被外部调用）
-keep public class * extends android.app.Activity
-keep public class * extends android.app.Application
-keep public class * extends android.app.Service
-keep public class * extends android.content.BroadcastReceiver
-keep public class * extends android.content.ContentProvider
-keep public class * extends android.app.backup.BackupAgentHelper
-keep public class * extends android.preference.Preference
-keep public class * extends android.view.View
-keep public class com.android.vending.licensing.ILicensingService
-keepclassmembers class * extends android.app.Activity{ # Activity 中参数类型为 View 的
    所有方法
    public void *(android.view.View); # 用于 layout 中写的 onClick 不被影响
}

# 保留本地 JNI 方法不被混淆
-keepclasseswithmembernames class * {
    native <methods>;
}

# 保留 Enum 枚举类不被混淆
-keepclassmembers enum * {
    public static **[] values();
    public static ** valueOf(java.lang.String);
}

# 保留 R 类里及其所有内部 static 类中的所有 static 变量字段
-keepclassmembers class **.R$* {
    public static <fields>;
}
```



```

# 保留 Parcelable 序列化类不被混淆
-keep class * implements android.os.Parcelable {
    public static final android.os.Parcelable$Creator *;
}

# 保留 Serializable 序列化的类不被混淆
-keepclassmembers class * implements java.io.Serializable {
    static final long serialVersionUID;
    private static final java.io.ObjectStreamField[] serialPersistentFields;
    !static !transient <fields>;
    !private <fields>;
    !private <methods>;
    private void writeObject(java.io.ObjectOutputStream);
    private void readObject(java.io.ObjectInputStream);
    java.lang.Object writeReplace();
    java.lang.Object readResolve();
}

# 保留自定义控件（继承自 View）特定方法不被混淆
-keep public class * extends android.view.View{
    *** get*();
    void set*(***);
    public <init>(android.content.Context);
    public <init>(android.content.Context, android.util.AttributeSet);
    public <init>(android.content.Context, android.util.AttributeSet, int);
}

# 针对回调函数的 onXXEvent、**On*Listener 的，不能被混淆
-keepclassmembers class * {
    void *(**On*Event);
    void *(**On*Listener);
}

# WebView 专题
-keepclassmembers class fqcn.of.javascript.interface.for.webview {
    public *;
}
-keepclassmembers class * extends android.webkit.WebViewClient {
    public void *(android.webkit.WebView, java.lang.String, android.graphics.Bitmap);
    public boolean *(android.webkit.WebView, java.lang.String);
}
-keepclassmembers class * extends android.webkit.WebViewClient {
    public void *(android.webkit.WebView, jav.lang.String);
}

##### 三方 SDK/开源库设置 #####
... ..

```

另外，还可以自定义一个通用接口，然后在 `proguard-rules.pro` 文件中设置所有实现此接口的不进行混淆，如下代码配置。

```

# 自定义继承实现此接口的不予混淆
-keep public interface com.skyseraph.xknife.lib.utils.nomal.NotProguardInterface{public *;}
-keep class * implements com.skyseraph.xknife.lib.utils.nomal.NotProguardInterface{
    <methods>;
    <fields>;
}

```

安全和逆向是天作之合，有防守就有攻破，而混淆对于破解并没有太大障碍，只是一个

障眼法，代码的混淆可以直接反编译查看（解压 APK 提取 classes.dex，然后用 dex2jar 转换 jar，再用 JD-GUI 查看，或者用 apktool 反编译获取 smali 源码，当然你还可以用一些 GUI 软件），资源的混淆可以直接根据资源 ID 进行定位即可。

◆ 签名策略

iOS 下的签名涉及一堆证书和概念，如 Provisioning Profile、entitlements、CertificateSigningRequest、p12、AppID 等，主要是流程上的东西，只要把概念弄清楚，按照 Apple 流程操作即可，没有太多可以定制化的思考。如果想从原理的角度来了解 Apple 签名的流程，可以参阅 WeRead 团队的《iOS App 签名的原理》^[20]一文。

Android 下签名常用的有两种方式：基于命令行的方式和基于图形化的方式。

- 基于图形化的方式。使用 Android Studio，单击 Build→Generate Signed APK→Create new 即可。另外，Android 还会提供一些通用签名文件，如 Android Studio 默认会生成 debug.keystore（默认签名），位于 ~/.android/ 目录下，默认密码为 android。除了 debug.keystore 外，在 AOSP（Android Open-Source Project）发布的 Android 源码中，还有 testkey、platform、shared、media、verity 等几个证书可以获取使用（系统签名），它们位于源码的 build/target/product/security 目录中。不过注意使用通用签名文件会存在一定的安全风险，大家可以参阅一下阿里聚安全的《Android 安全开发之通用签名风险》^[18]这篇文章。
- 基于命令行的方式。命令行签名方式需要用到 Java 的 keytool 和 jarsigner 工具或者 Android 专用的 signapk 工具，前者签名时使用的是 keystore 文件，而后者使用的是 pk8 和 x509.pem 文件。这里以 jarsigner 为例进行说明，jarsigner 生成签名文件涉及的命令操作如下。

```
keytool -genkey -keystore xx.keystore -alias xx -keyalg RSA -keysize 2048 -validity 8888
```

其中的各个参数说明如下。

- ◆ -genkey：产生证书文件。
- ◆ -keystore：指定密钥库的 keystore 文件。
- ◆ -keyalg：指定密钥的算法，这里指定为 RSA（非对称密钥算法）。
- ◆ -validity：证书有效天数。
- ◆ -alias：产生别名。
- ◆ -keysize：key 大小。

APK 签名以及检验 APK 是否签名，签名信息查看等命令如下。

```
jarsigner -verbose -sigalg SHA1withRSA -digestalg SHA1 -keystore xx.keystore unsigned.apk xx
jarsigner -verbose -certs -verify signed.apk // 检测 APK 是否签名
keytool -list -v -keystore xx.keystore // 签名信息查看
zipalign -f -v 4 signed_unaligned.apk signed_aligned.apk // 优化 APK
```

当我们的 APK 需要用到系统权限时，可在 AndroidManifest.xml 中添加共享系统进程属性，此时 APK 的签名只有是系统签名（platform、shared 或 media）才能正常使用，代码如下。

```
android:sharedUserId="android.uid.system"
android:sharedUserId="android.uid.shared"
android:sharedUserId="android.media"
```

签名后，会在 META-INF 目录下生成 3 个文件，分别为 CERT.RSA、CERT.SF 和 MANIFEST.MF（这是 signapk 方式，如为 jarsigner 方式文件名，则稍微不同，但无影响，APK 校验时是可通过后缀进行文件查找的），所以，数字签名机制保证了，如果要使重新打包后的应用程序能在 Android 设备上安装，必须对其进行重签名。

- MANIFEST.MF。保存了所有文件（上述 3 个文件除外）的 SHA1 摘要（或者 SHA256）并用 BASE64 编码后，作为“SHA1-Digest”属性的值写入 MANIFEST.MF 文件的一个块中。该块有一个“Name”属性，其值就是该文件在 APK 包中的路径。
- CERT.SF。对 MANIFEST.MF 文件的每项中的每行加上“\r\n”，获取整体 SHA1 摘要并用 BASE64 编码后，记录在 CERT.SF 主属性块（在文件头上）的“SHA1-Digest-Manifest”属性值下（这是为了防止通过篡改文件和其在 MANIFEST.MF 中对应的 SHA1 摘要值来篡改 APK，而对 MANIFEST 的内容再进行一次数字摘要）。
- CERT.RSA 文件。包含了签名证书的公钥信息和发布机构信息。

签名机制的通用流程如下，源码级别的流程建议参阅《Android 签名机制之签名验证过程详解》^[19]一文。

- 对 APK 中的每个文件做一次算法（数据摘要+Base64 编码），保存到 MANIFEST.MF 文件中。
- 对 MANIFEST.MF 整个文件做一次算法（数据摘要+Base64 编码），存放到 CERT.SF 文件的头属性中，再对 MANIFEST.MF 文件中各个属性块做一次算法（数据摘要+Base64 编码），存放到一个属性块中。
- 对 CERT.SF 文件做签名，内容存档到 CERT.RSA 中。

Gradle 下，签名的使用和管理变得更加简单，我们一般都是使用如下代码的。

```
android {
    signingConfigs {
        release {
            storeFile file("xx.keystore")
            storePassword 'android'
            keyAlias 'android'
            keyPassword 'android'
        }
    }
}
```

这样做会有很大的安全隐患，因为你将签名相关隐私信息公开了。改进方法有很多种，可以使用类似于下面这种比较土的方法——每次需要签名时在弹窗输入，人工记忆。当然，如果是图形界面化打包，那可以采用在 Android Studio 的 Signing 中添加 config 的方法。

```
signingConfigs {
    release {
        storeFile file("xx.keystore")
        storePassword System.console().readLine("\nKeystore password: ")
    }
}
```



```

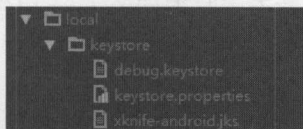
        keyAlias "stone"
        keyPassword System.console().readLine("\nKey password: ")
    }
}

```

这里推荐另外一种方式, 首先, 将 `local.properties` 定义为 `keystore` 信息文件路径(`keystore.properties` 保存 `keystore` 信息), 如下所示。

```
keystore.props.file=../local/keystore/keystore.properties
```

其次, 将签名文件置于本地工程目录(不被上传 Git)下, 如下所示。



再次, 在 `keystore.properties` 中进行签名信息的存储, 如下所示。

```

store=../xknife-android.jks
alias=xx
storePass=xx
pass=xx

```

最后是在 `Gradle` 中读取, 如下所示。

```

signingConfigs {

    def Properties props = new Properties()
    props.load(new FileInputStream(file('../local.properties')))
    def Properties keys = new Properties()

    if (props['keystore.props.file']) {
        keys.load(new FileInputStream(file(props['keystore.props.file'])))
    } else {
        keys["store"] = '../local/keystore/debug.keystore'
        keys["alias"] = 'android'
        keys["storePass"] = 'androiddebugkey'
        keys["pass"] = 'android'
    }

    ...

    release {
        assert props['keystore.props.file'];
        storeFile file(keys["store"])
        keyAlias keys["alias"]
        storePassword keys["storePass"]
        keyPassword keys["pass"]
    }

    preview {

    }
}

```

上面介绍了如何签名及 `Gradle` 签名相关实用技巧, 下面再来说说逆向安全中签名的攻防策略。

一般建议, 为了防止你的应用被二次打包(如被恶意植入广告等), 需要在应用启动入口处做一次签名验证, 验证不对就马上退出, `Android` 中主要有两种方式。

一种是在 Java 层实现, 破解极其容易 (只要找到入口, 注释代码或者修改 if 逻辑即可, 一般流程为反编译 APK→搜索 signatures→定位 if-nez 判断位置, 将 nez 修改为 eq)。

另一种是在 Native 层实现, 破解相对成本较高 (IDA 反编译 so 破解或者动态分析/修改 Java 代码引用路径, 一般流程为反编译 APK→搜索 loadLibrary→定位 so→IDA 分析 so→搜索类似 *signature* 字符→定位签名判断处→修改判断)。

另外, Native 层签名保护方式还可以进一步优化, 如加入花指令, 在 JNI_OnLoader 中验证, 验证失败直接 return -1 抛出异常而不是返回给 Java 层等, 对应的, 逆向破解时还可以结合服务器抓包方式, 定位 signature 相关关键字等。

■ 在 Java 层验证核心代码如下。

```
public static boolean verifySign(Context context) {
    return APP_SIGN.equals(getSignature(context));
}

private static String getSignature(Context context) {
    try {
        PackageInfo packageInfo = context.getPackageManager().getPackageInfo(context.
            getPackageName(), PackageManager.GET_SIGNATURES);
        Signature[] signatures = packageInfo.signatures;
        StringBuilder builder = new StringBuilder();
        for (Signature signature : signatures) {
            builder.append(signature.toCharsString());
        }
        return builder.toString();
    } catch (PackageManager.NameNotFoundException e) {
        e.printStackTrace();
    }
    return "";
}
```

■ 在 Native 层验证核心代码如下。

```
jstring getSign(JNIEnv *env, jobject context) {

    jclass context_class = env->GetObjectClass(context);

    // 获取 getPackageManager 方法的 ID
    jmethodID methodId = env->GetMethodID(context_class, "getPackageManager",
        "()Landroid/content/pm/PackageManager;");

    // 获取 PackageManager 对象
    jobject package_manager_object = env->CallObjectMethod(context, methodId);
    if (package_manager_object == NULL) {
        LOGE("getPackageManager() Failed!");
        return false;
    }

    // 获取 getPackageName 方法的 ID
    methodId = env->GetMethodID(context_class, "getPackageName", "()Ljava/lang/String;");
    // 获取包名
    jstring package_name_string = (jstring) env->CallObjectMethod(context, methodId);
    if (package_name_string == NULL) {
        LOGE("getPackageName() Failed!");
        return false;
    }
    env->DeleteLocalRef(context_class);
}
```

```
// 获取 getPackageInfo 方法的 ID
jclass pack_manager_class = env->GetObjectClass(package_manager_object);
methodId = env->GetMethodID(pack_manager_class, "getPackageInfo",
    "(Ljava/lang/String;I)Landroid/content/pm/PackageInfo;");
env->DeleteLocalRef(pack_manager_class);
// 获取应用包的信息
jobject package_info_object = env->CallObjectMethod(package_manager_object, methodId,
    package_name_string, 0x40);

if (package_info_object == NULL) {
    LOGE("getPackageInfo() Failed!");
    return false;
}
env->DeleteLocalRef(package_manager_object);

// 获取 PackageInfo 类
jclass package_info_class = env->GetObjectClass(package_info_object);
// 获取签名数组属性的 ID
jfieldID fieldId = env->GetFieldID(package_info_class, "signatures",
    "[Landroid/content/pm/Signature;");
env->DeleteLocalRef(package_info_class);
// 得到签名数组
jobjectArray signature_object_array = (jobjectArray) env->GetObjectField(package_info_object, fieldId);
if (signature_object_array == NULL) {
    LOGE("PackageInfo.signatures[] is null");
    return false;
}
// 得到签名
signature_object = env->GetObjectArrayElement(signature_object_array, 0);
env->DeleteLocalRef(package_info_object);

// 获取 sign
signature_class = env->GetObjectClass(signature_object);
methodId = env->GetMethodID(signature_class, "toCharsString", "()Ljava/lang/String;");
env->DeleteLocalRef(signature_class);
// 获取签名字符
jstring signature_jstring = (jstring) env->CallObjectMethod(signature_object, methodId);

return signature_jstring;
}

bool verifySignWithContext(JNIEnv *env, jclass clz, jobject obj, jobject context) {
    jstring signature_jstring = getSign(env, context);
    const char *sign = env->GetStringUTFChars(signature_jstring, NULL);
    LOGD("sign is %s\n", sign);

    // Method 1: 检查签名字符串
    if (strcmp(sign, APP_RELEASE_SIGN) == 0) {
        LOGE("验证通过");
        return true;
    }

    // Method 2: 检查签名的 hashCode
    jmethodID int_hashcode = env->GetMethodID(signature_class, "hashCode", "()I");
    jint hashCode = env->CallIntMethod(signature_object, int_hashcode);
    if (hashCode == RELEASE_SIGN_HASHCODE) {
        LOGE("验证通过 %s", (env->NewStringUTF(AUTH_KEY)));
        return true;
    }
}
```



```
LOGE("验证失败");
return false;
}
```

10.4.2 加固加壳

前面我们阐述了最基础的混淆和签名的攻防手段，本节我们来了解一下加固加壳。加壳是一种有效阻止第三方对程序反汇编分析和逆向破解的方案，其原理是向二进制的程序中植入一段代码，执行前优先获得程序控制权，做一些额外工作，是一种应用加固手段。

加壳原理：利用加密算法对源 APK 进行加密后，再与加壳程序合并生成新 Dex 文件，然后替换原来 Dex 文件得到新 APK。具体加壳合并 Dex 时，需要了解一下 Dex 文件结构（如图 10-9 所示，相关结构声明定义在 DexFile.h 中，AOSP 中的路径为/dalvik/libdex/DexFile.h），修改 Dex 文件头信息，主要是 checksum（文件校验码）、signature（SHA1 算法）和 file_size（Dex 文件的大小），然后追加源 APK 大小，具体实例建议大家参考《Android 中的 APK 的加固（加壳）原理解析和实现》^[22]一文。

现在，第三方加固加壳平台已经非常多，从原始的 apkprotect，到获得广泛应用的爱加密、梆梆加固，再到 360 加固宝，常见的第三方加固平台如图 10-10 所示。

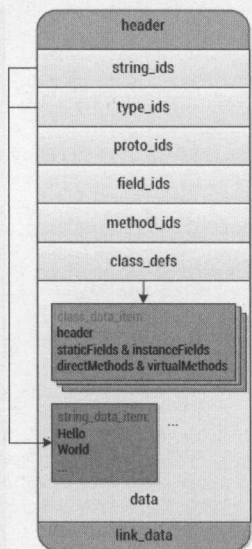


图 10-9 Dex 文件基本结构^[22]

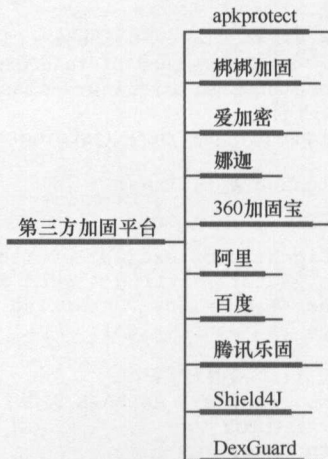


图 10-10 常见的第三方加固平台

与加壳对应的就是脱壳，不同的加固平台加固及加密算法存在差异性，没有通用的脱壳方法，脱壳相对来说比较费时、费劲。前面提及的《Android 中的 APK 的加固（加壳）原理解析和实现》^[22]一文中详细介绍了一种脱壳方法，主要思想是在脱壳时通过动态加载 APK（先从加壳后的 APK 中获取 Dex 文件），再反射运行 Application，大家可以参阅一下。

10.4.3 安全编码和隐私

安全问题包括数据安全、通信安全、业务安全和编码安全，任何软件的问题都是编码的问题，有点夸张，但我们需要有这样的意识，软件即编码，安全编码在整个 App 中是极其重要的。安全编码的话题有点大，笔者整理了一些常见的涉及安全编码的问题，如图 10-11 所示，大家可以作为 List 参考，同时建议参阅 *Android Application Secure Design/Secure Coding Guidebook*^[41]和 SEI CERT Coding Standards^[42]及 Apple 官方的 *SecureCodingGuide*^[36]。另外，关于编码规范，可参考本书“我的高效团队”章节中相关内容。

密码输入	密码显示控制，提供密码核对按钮	<u>InputType, TYPE_TEXT_VARIATION_PASSWORD</u>
	页面初始化或再次输入等各种情况下都需要重置密码显示，提供默认dummy密码显示（*号显示） 剪贴板存储用户密码等隐私/敏感信息（即使清空）	<u>InputType, TYPE_TEXT_VARIATION_VISIBLE_PASSWORD</u>
权限控制	控制应用权限的申请，不必要的权限一定不要申请 “dangerous”保护级别类权限一定要通过描述让用户清晰明了	
加密	Android中使用安全随机数生成器SecureRandom 建议使用现有加密算法而不是自己实现，例如Android的Cipher类中提供的AES或RSA实现中的算法 加密算法选择和使用，参考“App常用模块设计”中网络加密部分阐述 不要轻易将密码存储到手机设备	
短信	切勿使用未经身份验证的短信数据执行敏感命令（短信在网络和设备上都未经过加密处理，谨防短信中的欺骗性信息）	
安全编码	数据存储 隐私安全	
网络通信	敏感信息必须用HTTPS传输，通过HTTP或其他非安全协议下载/接收的数据必须要注意安全，保持警惕 处理SSLException异常信息（建议UI呈现给用户） 使用HTTPS通信，恰当处理SSL异常错误	
组件安全	参考图10-8“安全测试要点”中组件安全部分	
WebView	谨防JavaScript注入，慎用addJavaScriptInterface()，慎用file:schema，对于需要使用file:schema的，禁止file协议调用 敏感信息使用完后一定要记得clearCache()	
异常安全	不要随意抑制异常，禁止在异常中泄露隐私信息，发生异常时注意恢复到之前状态	
Log日志	禁止在Log中打印隐私信息	
纯代码	序列化和反序列化 敏感数据传输前必须加密等 I/O安全 临时文件及时删除，避免在共享目录上操作文件等 集合 iOS中集合遍历前一定要先复制一份，防止遍历过程中数据被修改导致Crash	

图 10-11 安全编码

现在的互联网高科技时代，隐私问题越来越引起人们的重视，各种隐私信息很容易在莫名情况下泄露，针对 App，你一定要关注用户隐私的保护，牢记对用户负责就是对自己负责。下面对本地数据存储和网络通信方面与隐私安全相关的内容进行简要阐述。

◆ 本地数据存储

iOS 中，本地数据的存储主要有 NSUserDefaults/Plist 文件、CoreData/Sqlite 文件以及 Keychain 几种方式。

- NSUserDefaults 是 iOS 系统提供的单例类，以 key-value 的形式存储一系列偏好设置，key 是名称，value 是相应的数据，存/取数据时可以通过 objectForKey 和

setObject(forKey 来把对象存储到相应的 plist 文件中或者读取相应数据。保存在 NSUserDefaults 中的信息在你的应用关闭后,再次打开依然存在,如用来存储用户登录状态信息。存储在 NSUserDefaults 中的数据是没有加密的,可以明文看到。

- CoreData 和 Sqlite 是 iOS 提供的两种数据存储方式,两者在内存占用、存储速度以及存储文件大小上有差异,而 CoreData 内部使用 Sqlite 来保存信息,默认 CoreData 的数据是没有加密的。
- Keychain 是 iOS 上的一个安全的存储容器,本质是一个 Sqlite 数据库,路径为 file:///private/var/Keychains/xx,所有保存的数据都是加密过的,Apple 自身也用其来保存 Wi-Fi 密码、VPN 凭证等。目前来说,把信息保存到 Keychain 中可能是非越狱设备上最安全的一种保存数据的方式了,不过 Keychain 使用起来不是那么便捷,大家可以借鉴 KeychainAccess^[30]这个开源库(Swift 语言、Object C 语言可以参考 SFHFKeychainUtils 库^[31]),其以 wrapper 进行封装,使用起来简单。

所以,本地数据存储时,针对非越狱设备,机密敏感信息(如用户密码、网络密码、认证令牌等)建议用 Keychain 方式存储。而在越狱设备上,有句话说得好——没有任何信息在越狱设备上安全的,攻击者可以获取 Plist 文件,导出 Keychain,替换方法实现,做任何他想做的事情,所以,我们能做的只是尽量规避,混淆视听,例如将文件加密到本地设备上(参考“*IOS Dev - Encrypting Images and Saving Them in App Sandbox*”^[32]),认证令牌反转存储,为带存储的值追加复杂的字符(类似花指令)等。

Android 中,本地数据的存储远没有 iOS 隐私做得规范,其开源造就了其广泛性,虽然也推出了应用沙盒机制,但暂时还未能全部控制应用间数据的访问,隐私问题很严重。Android 中数据存储主要涉及内部存储、外部存储和 ContentProvider 存储。除此之外,建议参阅 Google 官方的安全隐私最佳实践“Best-security”^[35],非常全面,强烈建议阅读,涉及数据存储,作用域目录的访问,权限使用和控制,WebView 使用,代码的动态加载,HTTPS 和 SSL 的使用,网络的安全性配置等。

- 内部存储仅供自身应用访问,IPC 文件设置 MODE_WORLD_WRITEABLE 或 MODE_WORLD_READABLE 模式,敏感数据建议加密。
- 外部存储,不受任何读写权限控制,不要存储敏感数据。
- ContentProvider 存储,由 android:exported 决定其他应用的访问权限(Android API 16-,默认为 public; API 17+,默认为 private; API 8-,不受权限限制,其他应用都可以访问)。

◇ 网络通信

网络通信在前面几个相关章节(如“App 架构和重构”中的 API 内容)都有阐述,在 Google “Best-security”^[35]中也有专题阐述。总结一句:禁止明文密码信息的传输,这是对用户的负责;也不可采取发送密码的 MD5 值的方法,因为对于攻击者来说,这等同于明文信

息。强烈建议采用 HTTPS 和 SSL 来确保安全, 或者类似 QQ 的自定义协议方式也可借鉴。

10.5 本章小结

本章为大家介绍了安全逆向相关知识, 包括逆向基础 (App 包组成、逆向工具、Root 和越狱等概念), 静态和动态逆向分析方法, 安全测试及安全防范建议。安全逆向是一个垂直领域, 基础入门主要是对工具的熟练, 而深入的话需要涉及多个不同领域知识, 需要耐下性子下苦功夫, 推荐资料 [1] ~ [8] 都是该领域一些不错的著作, 大家可以参详。另外, 闲时可以多逛逛看雪论坛等, 里面有很多不错的逆向案例分享。

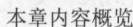
我们学习和掌握基础的安全逆向知识是必须的, 其目的并不是去破解或攻击其他应用, 而是考虑自家产品的安全问题。作为架构师, 只完成产品需求是远远不够的, 安全方面的问题也必须关注, 例如用户注册登录信息网络传输的安全性保证, 社交类软件中聊天信息/联系人信息的保存, 电商类 App 交易的安全性, 网络接口的安全性等, 这就是本章安全逆向希望给大家带来的思考和成长。接下来第 11 章将为大家介绍 App 热门技术。

10.6 推荐资料

- [1] 段钢. 加密与解密. 3 版. 北京: 电子工业出版社, 2008.
- [2] 李承远, 武传海. 逆向工程核心原理. 北京: 人民邮电出版社, 2014.
- [3] Keith Makan, Scott Alexander-Bown. Android 安全攻防实战崔孝晨, 武晓音, 译. 北京: 电子工业出版社, 2015.
- [4] 丰生强. Android 软件安全与逆向分析. 北京: 人民邮电出版社, 2013.
- [5] 周圣韬. Android 安全技术揭秘与防范. 北京: 人民邮电出版社, 2015.
- [6] Jonathan Zdziarski. iOS 应用安全攻防实战. 肖梓航, 李俱顺, 译. 北京: 电子工业出版社, 2015.
- [7] 沙梓社, 吴航. iOS 应用逆向工程. 2 版. 北京: 机械工业出版社, 2015.
- [8] File System Basics.
- [9] About Files and Directories.
- [10] 逆向工程.
- [11] iOS 比 Android 还不安全? ——记一次和阿里资深安全工程师蒸米的交流.
- [12] iOS 安全攻防 (二十三): Objective-C 代码混淆.
- [13] Proguard 官方.
- [14] Proguard 官方标准使用.

- [15] DexGuard.
- [16] android-proguard-snippets.
- [17] android-proguards.
- [18] Android 安全开发之通用签名风险.
- [19] Android 签名机制之签名验证过程详解.
- [20] iOS App 签名的原理.
- [21] APK 的自我保护.
- [22] Android 中的 APK 的加固(加壳)原理解析和实现.
- [23] 逆向工程.
- [24] Infer.
- [25] Keychain Dumper.
- [26] ios-application-security-part-8-method-swizzling-using-cycript.
- [27] infosecinstitute.
- [28] AllHookInOne.
- [29] Shellcode Hook.
- [30] KeychainAccess.
- [31] SFHFKeychainUtils.
- [32] IOS Dev - Encrypting Images and Saving Them in App Sandbox.
- [33] 周荣誉.Android 应用劫持的攻与防.
- [34] LibAhead for iOS - 在未越狱设备上修改三方 App 的功能.
- [35] Best-security.
- [36] SecureCodingGuide.
- [37] MobSF.
- [38] Drozer.
- [39] AndroBugs.
- [40] AppMon.
- [41] Android Application Secure Design/Secure Coding Guidebook.
- [42] SEI CERT Coding Standards.

第11章



11.1 进程保活

进程保活，直白一点说就是提升稳定性，让自己的 App 进程不死，即使死了也要“起死回生”，某种意义上来说是一种黑科技。这种黑科技不值得提倡，更不应去追求那些所谓进程永生不死的方法，一方面不可能，另一方面用极端手段破坏了 OS 生态环境。本节仅讨论通过进程保活来更好地理解进程的存活以及选择优雅的进程保活方式，大部分内容来自很早前发表在笔者个人博客的《一种提高 Android 应用进程存活率新方法》^[1]。

11.1.1 基础知识

◇ Android 进程优先级

一般情况下, Android 会尽可能地保持应用进程, 但在特定场景下会对进程进行 kill, 例如为了清除旧进程来回收内存等。为了区分哪些进程最先被回收清理, 而哪些不会, 有一个优先级别, 这就是 Android 的进程优先级, 具体包括以下 5 种 (优先级从低到高)。

- Foreground/Active process 前台进程。用户当前操作的进程, 包括用户正在交互的 Activity, 绑定用户正在交互 Activity 的 Service, 使用 startForeground 的 Service, 正在执行 onReceive 的 BroadcastReceiver 等。
- Visible process 可见进程。会影响用户所见内容的进程, 如 onPause 状态的 Activity 等。
- Service process 服务进程。后台服务, 如正在运行 startService 启动的 Service。
- Background process 后台进程。对用户交互无影响, 如 onStop 状态的 Activity 等, 系统可能随时对其进行终止。
- Empty process 空进程。一般用作缓存以缩短下次启动时间, 系统往往会终止这些空进程。

◇ Android 进程回收策略

Android 中主要通过 LMK (Low Memory Killer) 来对进程进行回收管理, LMK 是在 Android 系统内存不足而选择 kill 部分进程以释放空间时, 生死大权的决定者, 其基于 Linux 的 OOM 机制, 阈值定义如下面所示 (lowmemorykiller 文件中), 当然也可以通过系统的 init.rc 实现自定义。

```
static uint32_t lowmem_debug_level = 1;
static int lowmem_adj[6] = {
    0,
    1,
    6,
    12,
};
static int lowmem_adj_size = 4;
static int lowmem_minfree[6] = {
    3 * 512, /* 6MB */
    2 * 1024, /* 8MB */
    4 * 1024, /* 16MB */
    16 * 1024, /* 64MB */
};
static int lowmem_minfree_size = 4;
```

- 在 LMK 中通过进程的 oom_adj 与占用内存的大小决定要杀死的进程, oom_adj 值越小, 越不容易被杀死。其中, lowmem_minfree 是杀进程的时机, 谁被杀, 则取决于 lowmem_adj, 具体值如下 Android 进程优先级的定义 (ProcessList 类)。

```
// Adjustment used in certain places where we don't know it yet.
// (Generally this is something that is going to be cached, but we
// don't know the exact value in the cached range to assign yet.)
static final int UNKNOWN_ADJ = 16;
```

```
// This is a process only hosting activities that are not visible,
// so it can be killed without any disruption.
static final int CACHED_APP_MAX_ADJ = 15;
static final int CACHED_APP_MIN_ADJ = 9;

// The B list of SERVICE_ADJ -- these are the old and decrepit
// services that aren't as shiny and interesting as the ones in the A list.
static final int SERVICE_B_ADJ = 8;

// This is the process of the previous application that the user was in.
// This process is kept above other things, because it is very common to
// switch back to the previous app. This is important both for recent
// task switch (toggling between the two top recent apps) as well as normal
// UI flow such as clicking on a URI in the e-mail app to view in the browser,
// and then pressing back to return to e-mail.
static final int PREVIOUS_APP_ADJ = 7;

// This is a process holding the home application -- we want to try
// avoiding killing it, even if it would normally be in the background,
// because the user interacts with it so much.
static final int HOME_APP_ADJ = 6;

// This is a process holding an application service -- killing it will not
// have much of an impact as far as the user is concerned.
static final int SERVICE_ADJ = 5;

// This is a process with a heavy-weight application. It is in the
// background, but we want to try to avoid killing it. Value set in
// system/rootdir/init.rc on startup.
static final int HEAVY_WEIGHT_APP_ADJ = 4;

// This is a process currently hosting a backup operation. Killing it
// is not entirely fatal but is generally a bad idea.
static final int BACKUP_APP_ADJ = 3;

// This is a process only hosting components that are perceptible to the
// user, and we really want to avoid killing them, but they are not
// immediately visible. An example is background music playback.
static final int PERCEPTIBLE_APP_ADJ = 2;

// This is a process only hosting activities that are visible to the
// user, so we'd prefer they don't disappear.
static final int VISIBLE_APP_ADJ = 1;

// This is the process running the current foreground app. We'd really
// rather not kill it!
static final int FOREGROUND_APP_ADJ = 0;

// This is a process that the system or a persistent process has bound to,
// and indicated it is important.
static final int PERSISTENT_SERVICE_ADJ = -11;

// This is a system persistent process, such as telephony. Definitely
// don't want to kill it, but doing so is not completely fatal.
static final int PERSISTENT_PROC_ADJ = -12;

// The system process runs at the default adjustment.
static final int SYSTEM_ADJ = -16;
```

第 11 章 App 热门技术

```
// Special code for native processes that are not being managed by the system (so
// don't have an oom adj assigned by the system).
static final int NATIVE_ADJ = -17;
```

- 在 init.rc 中定义了 init 进程（系统进程）的 oom_adj 为 -16，如下代码所示，其不可能被杀死（init 的 PID 是 1），而前台进程是 0（这里的前台进程是指用户正在使用的 Activity 所在的进程），例如用户按 Home 键回到桌面时的优先级是 6，普通的 Service 的进程优先级是 8。

```
# Set init and its forked children's oom_adj.
write /proc/1/oom_adj -16
```

✧ 查看某个 App 的进程

为了验证我们的保活方法是否有效，最直观的方法是通过 adb 命令查看具体 App 的进程信息，具体命令如下。

- adb shell。
- ps | grep 进程名。
- cat /proc/pid/oom_adj //其中 pid 是上述 grep 得到的进程号。

```
Windows PowerShell
版权所有 (C) 2009 Microsoft Corporation。保留所有权利。

PS C:\Users\Administrator> adb shell
shell@virgo:/ $
shell@virgo:/ $ ps | grep cn.
u0_a501 10291 347 885516 83540 sys_epoll_00000000 $ cn.f...core
shell@virgo:/ $
shell@virgo:/ $ cat /proc/10291/oom_adj
0
shell@virgo:/ $
```

✧ Linux am 命令

am 命令是 Android 系统中通过 adb shell 启动某个 Activity、Service、拨打电话、启动浏览器等操作 Android 的命令，其源码在 Am.java 中，在 shell 环境下执行 am 命令实际是启动一个线程执行 Am.java 中的主函数（main 方法），am 命令后跟的参数都会当作 25 运行时参数传递到主函数中，主要实现在 Am.java 的 run 方法中。

- 拨打电话
 - ◆ 命令：am start -a android.intent.action.CALL -d tel:电话号码。
 - ◆ 示例：am start -a android.intent.action.CALL -d tel:10086。
- 打开一个网页
 - ◆ 命令：am start -a android.intent.action.VIEW -d 网址。
 - ◆ 示例：am start -a android.intent.action.VIEW -d http://www.skyseraph.com。
- 启动一个服务
 - ◆ 命令：am startservice <服务名称>。
 - ◆ 示例：am startservice -n com.android.music/com.android.music.MediaPlaybackService。

✧ NotificationListenerService

NotificationListenerService 用来监听通知的发送以及移除和排名位置变化，如果我们注册

了这个服务，当系统任何一条通知到来或者被移除掉时，我们都能通过这个服务监听到，甚至可以做一些管理工作。

11.1.2 保活方法

进程保活的目的：一方面是为了提高进程的优先级，降低被系统 kill 的概率；另一方面，在你的 App 被系统 kill 后进行拉活。目前 Android 平台下，进程保活的方法比较多，笔者也曾研究探索了一种基于 Android 原生的 AccountSync 的新方法，限于篇幅这里不再阐述，读者可以去笔者博客参考具体思路及实现代码，表 11-1 所示为笔者规整的现有的进程保活方法。

表 11-1 Android 进程保活方法

方 法	描 述	备 注
网络连接保活方法	<ol style="list-style-type: none"> 1. GCM 2. 公共的第三方 push 通道（信鸽等） 3. 自身跟服务器通过轮询，或者长连接 	
双 Service（通知栏）提高进程优先级	<ol style="list-style-type: none"> 1. 应用启动时启动一个假的 Service（FakeService），startForeground()，传一个空的 Notification 2. 启动真正的 Service（AlwaysLiveService），startForeground()，注意必须相同 Notification ID 3. FakeService stopForeground() 	API level > 18 上有效，可以将进程号拉升为 1
Service 及时拉起	通过 AlarmReceiver、ConnectReceiver、BootReceiver 等 <ol style="list-style-type: none"> 1. Service 设置如下 <ul style="list-style-type: none"> - onStartCommand 返回 START_STICKY - onDestroy 中 startself - Service 后台变前置，setForeground(true) - android:persistent = "true" 2. 通过监听系统广播，如开机、锁屏、亮屏等重新启动服务 3. 通过 alarm 定时器，启动服务 	
守护进程/进程互拉	<ol style="list-style-type: none"> 1. 多个 Java 进程守护互拉 2. 底层 C 守护进程拉起 App 上层/Java 进程 	
Linux am 命令开启后台进程	一种底层实现让进程不被杀死的方法，在 Android 4.4 以上可能有兼容性问题	
NotificationListenerService 通知	一种需要用户允许特定权限的系统拉起方式	Android 4.3+
AccountSync 方法	利用 Android 的 AccountSync 同步机制进行进程拉起	同步间隔最低为 1min，用户可在设置中手动停止

11.2 MultiDex

Android 中，随着 APK Size 的增大，方法数达到特定大小时会出现一种构件错误，如下

所示信息，核心都有一个 65536 的关键字，其代表的是单个 Dalvik Executable (DEX) 字节码文件内的代码可调用的引用总数，官方将其称为“64K 引用限制”^[2]。

早期版本：

```
Conversion to Dalvik format failed:  
Unable to execute dex: method ID not in [0, 0xffff]: 65536
```

新版本：

```
trouble writing output:  
Too many field references: 131000; max is 65536.  
You may try using --multi-dex option
```

说明：Google 官方给的是 64KB，很多业内文章给的是 65KB，差异在于计算方式不一样，本质都是源于 $65536=2^{16}$ ，这才是关键。

64KB 引用限制的真正原因来自 Dalvik VM Bytecode，其限制了 dalvik bytecode 范围必须在 0~65535，具体可参看官方文档“*dalvik-bytecode*”^[3]，据说 Google 新一代编译 toolchain Jack 和 Jill 解决了此问题，可参考官方介绍 *Jack and Jill*^[4]。

MultiDex 是 Google 官方针对 64KB 引用限制的一种解决方案，当然“民间”的插件化、Facebook 等方案也都是可行的，感兴趣的读者可参考微信团队 WeMobileDev 的《Android 拆分与加载 Dex 的多种方案对比》^[5]，我们这里仅阐述 MultiDex。

MultiDex 即多 DEX 实现，其 APK 解压缩后会有多个 DEX 文件，如 classes.dex、classes2.dex 等，每个 DEX 可以最大承载 64KB 方法，具体使用方法如下。

■ Gradle 配置，代码如下。

```
android {  
    defaultConfig {  
        ...  
        multiDexEnabled true  
    }  
}  
dependencies {  
    compile 'com.android.support:multidex:1.0.1'  
}
```

■ Manifest 设置，有 3 种方式。

- ◆ 直接在 AndroidManifest.xml 的 application 中声明为 android.support.multidex.MultiDexApplication。
- ◆ 如果你的应用已经重载了 Application，让其继承 MultiDexApplication。
- ◆ （推荐）如果你的应用已经重载了 Application，已继承自其他类，不想/不能修改它，可以重写 attachBaseContext()方法，代码如下。

```
protected void attachBaseContext(Context base) {  
    super.attachBaseContext(base);  
    MultiDex.install(this);  
    ...  
}
```

■ 可能遇到的问题。MultiDex 虽贵为官方方案，但使用中存在一些大大小小的问题，如影响应用的启动时间，ANR Crash 等。其主要原因是 MultiDex.install 需要在主线程

中执行,当 `secondary.dex` 过大时,加载超过 5s 就产生了 ANR。这种问题可以通过 DEX 自动拆包及动态加载方式^[6]或者其他 Facebook 的 Dalvik patch for Facebook for Android 及其改进方案^[7]等来解决。

11.3 RxJava

最近几年, Rx 异常火爆,如在 Android 中,网上看到的很多开源项目都会基于 RxJava^[9],特别是在网络请求框架上, Okhttp+Retrofit+RxJava 基本是现在最热门的架构之一了。Rx 最早是 2012 年由 Netflix 将 .NET Rx 迁移到 JVM 形成的,2013 年对外正式发布 RxJava。从语义上来说, RxJava 就是 .NET Rx。除 RxJava 外, ReactiveX^[8]还开源了 RxAndroid^[10]、RxSwift^[11]等,分别用于 Android 和 iOS 开发,其中 RxAndroid 只是 RxJava 的一个针对 Android 平台的扩展,本节我们以 RxJava 为例进行阐述。

11.3.1 RxJava 基础

“a library for composing asynchronous and event-based programs using observable sequences for the Java VM.”(一个在 Java VM 上使用可观测的序列来组成异步的、基于事件的程序的库)——RxJava GitHub^[9]

GitHub 上 RxJava 的描述非常简单明了,扩展一点说, RxJava 是一种响应式编程方式(一种基于异步数据流概念的编程模式),对于要处理的数据,从 Observable(被观察者/发布者)发射出去,通过操作符中进行一些限定或者处理,在 Observer(观察者)中进行最后的处理。不要将 RxJava 理解成一种新的语言,其只是一种普通的 Java 模式,类似于观察者模式(Observer Pattern),我们可以将它看作是一个普通的 Java 类库,或者更精确点说是一个 Java 异步操作类库。

在 Android 中,相比于原生的 AsyncTask/Handler 等异步方式, RxJava 最大特点是简洁, RxJava 是一个能让你用极其简洁的逻辑去处理烦琐复杂任务的异步事件库,这种简洁不会随着程序逻辑的复杂而发生改变。

◆ RxJava 基础概念

RxJava 中有以下几个基础概念, Observable 和 Observer 通过 subscribe()方法实现订阅关系,从而 Observable 可以在需要的时候发出事件来通知 Observer。一个 Observable 可以发出零个或者多个事件,直到结束或者出错。每发出一个事件,就会调用它的 Subscriber 的 onNext 方法,最后调用 Subscriber.onNext()或者 Subscriber.onError()结束。

- Observable, 被观察者/发布者。
- Observer, 观察者。

- Subscribe, 订阅。
- 事件。

注意：与传统观察者模式不同，RxJava 的事件回调方法除了普通 `onNext()` 事件之外，还定义了两个特殊的事件——`onCompleted()` 和 `onError()`，用来标识完成和错误反馈。

◇ RxJava 核心概念

RxJava 中有非常多的概念，笔者这里对其中最核心的线程控制及操作符两个概念进行阐述。

- 线程控制。RxJava 中通过 `Scheduler` 对线程进行操作，包括如下选项。
 - ◆ `Schedulers.immediate()`。默认选项，直接在当前线程运行。
 - ◆ `Schedulers.newThread()`。在新线程执行操作。
 - ◆ `Schedulers.io()`。I/O 操作（读写文件、读写数据库等）专用 `Scheduler`。相比 `newThread()`，其内部实现是用一个无数量上限的线程池，可以重用空闲的线程，因此多数情况下 `io()` 比 `newThread()` 更有效率。
 - ◆ `Schedulers.computation()`。CPU 密集型计算专用 `Scheduler`，例如图形的计算。使用大小为 CPU 核数的固定的线程池，注意不要把 I/O 操作放在 `computation()` 中，否则 I/O 操作的等待时间会浪费 CPU。
 - ◆ `AndroidSchedulers.mainThread()`。Android 专用，它指定的操作将在 Android 主线程（UI 线程）运行。
- 线程自由控制。对于线程的控制，RxJava 中利用 `subscribeOn()` 结合 `observeOn()` 来实现线程控制，非常便捷，如下所示。

```
Observable.just(x, y, z, k)
    .subscribeOn(Schedulers.io()) // IO 线程, 由 subscribeOn() 指定
    .observeOn(Schedulers.newThread()) // 新线程, 由 observeOn() 指定
    .map(mapOperator1)
    .observeOn(Schedulers.io()) // IO 线程
    .map(mapOperator2)
    .observeOn(AndroidSchedulers.mainThread) // Android 主线程
    .subscribe(subscriber);
```

- 操作符。RxJava 中提供非常强大的操作符功能，其中用的最多的如 `map`，可以通过变换操作符对数据对象进行变换，主要分为以下几大类^[12]，各个大类中的操作符如图 11-1 所示，使用实例在下一小节应用实例中阐述。部分操作介绍如下。
 - ◆ 创建操作：创建 `Observable` 的操作符。
 - ◆ 变换操作：对 `Observable` 发射的数据进行变换。
 - ◆ 过滤操作：用于从 `Observable` 发射的数据中进行选择。
 - ◆ 组合操作：用于将多个 `Observable` 组合成一个单一的 `Observable`。
 - ◆ 错误处理操作：用于从错误通知中恢复。

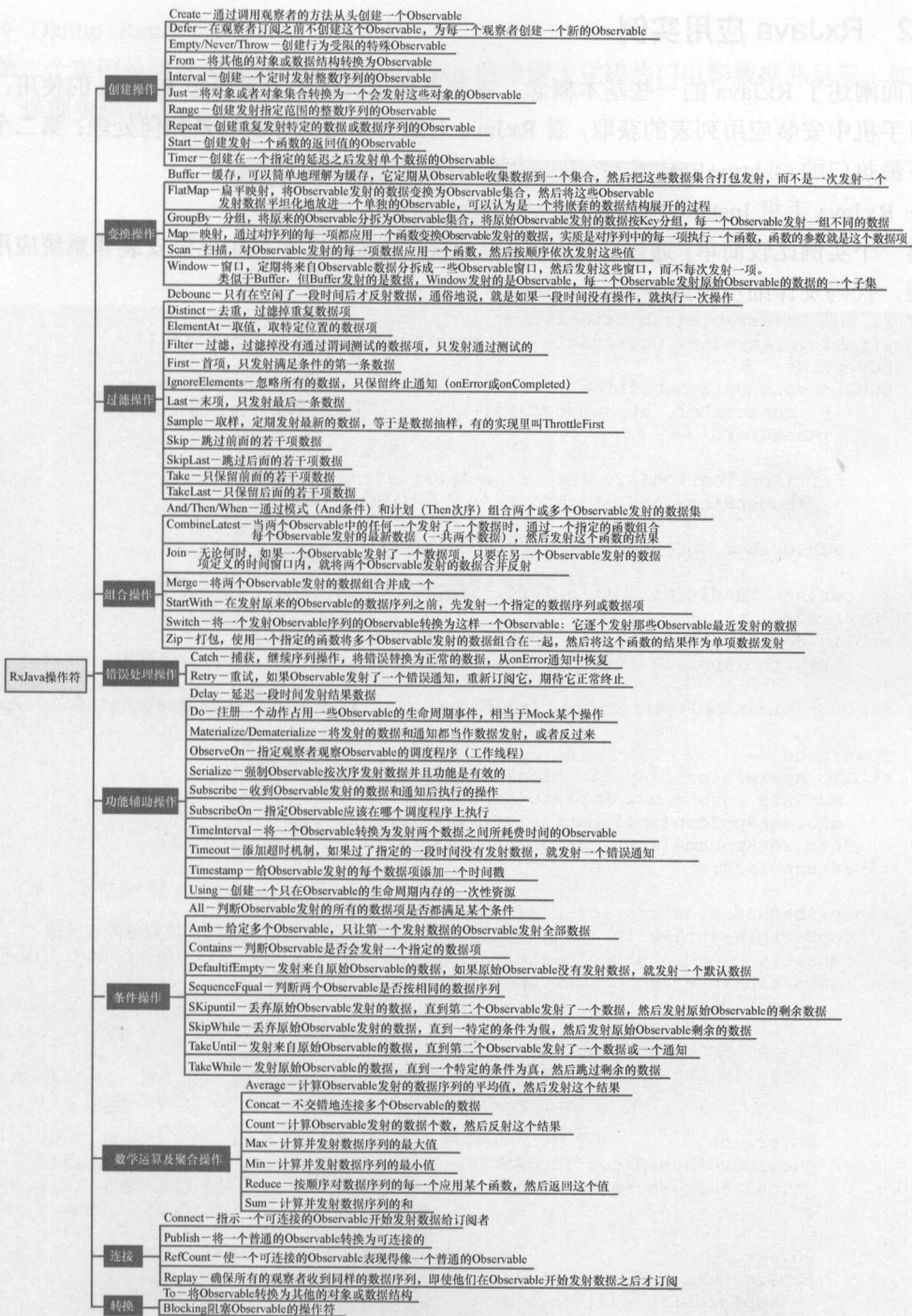


图 11-1 RxJava 操作符

11.3.2 RxJava 应用实例

前面阐述了 RxJava 的一些基本概念，本节以两个具体例子来熟悉 RxJava 的使用：一个是针对手机中安装应用列表的获取，看 RxJava 对这种常用的异步场景如何处理；第二个是针对时下最热门的 Okhttp+Retrofit+RxJava 网络请求实例阐述。

✧ RxJava 手机 Installed App 获取

第一个实例比较简单，通过 RxJava 异步来获取 Android 手机中已经安装非系统应用的应用列表，代码及详细步骤如下。

```
// 1. 创建 Observable(subscribe 法)
Observable.create(new Observable.OnSubscribe<ApplicationInfo>() {
    @Override
    public void call(Subscriber<? super ApplicationInfo> subscriber) {
        if (subscriber.isUnsubscribed()) { // 如果已经取消订阅，直接退出
            return;
        }
        for (ApplicationInfo info : getApplicationInfoList(pm)) {
            subscriber.onNext(info); // 发布事件通知订阅者
        }
        subscriber.onCompleted(); // 事件通知完成
    }
}).filter(new Func1<ApplicationInfo, Boolean>() { // 2. 过滤非系统应用
    @Override
    public Boolean call(ApplicationInfo applicationInfo) {
        return (applicationInfo.flags & ApplicationInfo.FLAG_SYSTEM) <= 0;
    }
}).map(new Func1<ApplicationInfo, AppInfo>() { // 3. 对象变换 (ApplicationInfo -> AppInfo)
    @Override
    public AppInfo call(ApplicationInfo applicationInfo) {
        AppInfo info = new AppInfo();
        info.setAppIcon(applicationInfo.loadIcon(pm));
        info.setAppName(applicationInfo.loadLabel(pm).toString());
        return info;
    }
}).subscribeOn(Schedulers.io()) // Observable 运行在新线程
    .onBackpressureBuffer() // 通过缓存避免生产者发射数据的速度比消费者处理的快
    .observeOn(AndroidSchedulers.mainThread()) // subscriber 运行在 Android 主线程
    .subscribe(new Subscriber<AppInfo>() { // 4. 订阅
        @Override
        public void onCompleted() {
            appListAdapter.notifyDataSetChanged();
            pullRefresh.setRefreshing(false);
        }

        @Override
        public void onError(Throwable e) {
            pullRefresh.setRefreshing(false);
        }

        @Override
        public void onNext(AppInfo appInfo) {
            appInfoList.add(appInfo);
        }
    });
```


✧ Okhttp+Retrofit+RxJava 网络请求

第二个实例是通过 Okhttp+Retrofit+RxJava 网络请求豆瓣热门电影数据并呈现，如图 11-2 所示，详细步骤如下。

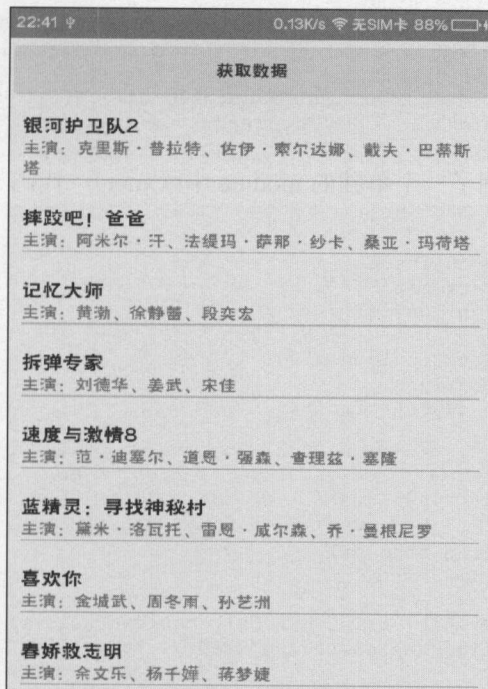


图 11-2 RxJava 豆瓣热门电影数据获取

■ 首先配置相关 Gradle 环境，如下所示。

```
compile rootProject.ext.dependencies["retrofit:retrofit"]
compile rootProject.ext.dependencies["retrofit:adapter-rxjava"]
compile rootProject.ext.dependencies["retrofit:converter-gson"]
compile rootProject.ext.dependencies["retrofit:converter-scalars"]
compile rootProject.ext.dependencies["okhttp3:okhttp"]
compile rootProject.ext.dependencies["okhttp3:logging-interceptor"]
compile rootProject.ext.dependencies["okio"]
compile rootProject.ext.dependencies["rxandroid"]
compile rootProject.ext.dependencies["butterknife"]
```

相关版本定义在另一个全局 Gradle 中，具体如下所示。

```
def retrofitVersion = "2.1.0"
def okhttpVersion = "3.5.0"
def rxandroidVersion = "1.2.1"
def okioVersion = "1.9.0"
def butterknifeVersion = "8.1.0"
def gsonVersion = "3.7.0"
dependencies = [
    // retrofit + okhttp + ReactiveX
```

```

"retrofit:retrofit" : "com.squareup.retrofit2:retrofit:${retrofitVersion}",
"retrofit:adapter-rxjava" : "com.squareup.retrofit2:adapter-rxjava:
${retrofitVersion}",
"retrofit:converter-gson" : "com.squareup.retrofit2:converter-gson:
${retrofitVersion}",
"retrofit:converter-scalars" : "com.squareup.retrofit2:converter-scalars:
${retrofitVersion}",
"okhttp3:okhttp" : "com.squareup.okhttp3:okhttp:${okhttpVersion}",
"okhttp3:logging-interceptor" : "com.squareup.okhttp3:logging-interceptor:
${okhttpVersion}",
"okio" : "com.squareup.okio:okio:${okioVersion}",
"rxandroid" : "io.reactivex:rxandroid:${rxandroidVersion}",
]

```

■ 网络相关封装到了一个单独的 module 中 (xnet)，代码如下。

```

public class RxHttp {

    private static RxHttp instance;
    private Retrofit retrofit;
    private RxHttpConfig config;

    private RxHttp(RxHttpConfig config) {
        this.config = config;
        this.retrofit = new Retrofit();
    }

    /**
     * Init.
     *
     * @param baseUrl the base url
     * @param logger the logger
     */
    public static void init(String baseUrl, boolean logger) {
        init(RxHttpConfig.createDefault(baseUrl, logger));
    }

    /**
     * Init.
     *
     * @param config the config
     */
    public static void init(RxHttpConfig config) {
        if (instance == null) {
            instance = new RxHttp(config);
        }
    }

    /**
     * Gets instance.
     *
     * @return the instance
     */
    public static RxHttp getInstance() {
        return instance;
    }

    /**
     * Create t.
     *
     * @param <T> the type parameter
     */

```

```

    * @param service the service
    * @return the t
    */
    public static <T> T create(final Class<T> service) {
        if (instance == null) {
            throw new NullPointerException("RxHttp not init~");
        }
        return instance.retrofit.create(service);
    }

    private Retrofit newRetrofit() {
        Retrofit.Builder builder = new Retrofit.Builder();
        builder.baseUrl(config.getBaseUrl());

        // 设置转换器
        List<Converter.Factory> converterFactories = config.getConverterFactories();
        if (converterFactories != null && !converterFactories.isEmpty()) {
            for (Converter.Factory factory : converterFactories) {
                builder.addConverterFactory(factory);
            }
        }

        // 设置适配器
        List<CallAdapter.Factory> adapterFactories = config.getAdapterFactories();
        if (adapterFactories != null && !adapterFactories.isEmpty()) {
            for (CallAdapter.Factory factory : adapterFactories) {
                builder.addCallAdapterFactory(factory);
            }
        }

        //设置 okhttp
        OkHttpClient httpClient = newOkHttpClient();
        builder.client(httpClient).build();

        return builder.build();
    }

    private OkHttpClient newOkHttpClient() {
        OkHttpClient.Builder builder = new OkHttpClient.Builder();
        builder.connectTimeout(config.getConnectTimeoutMilliseconds(), TimeUnit.MILLISECONDS);

        //设置拦截器
        List<Interceptor> interceptors = config.getInterceptors();
        if (interceptors != null && !interceptors.isEmpty()) {
            for (Interceptor interceptor : interceptors) {
                builder.addInterceptor(interceptor);
            }
        }
        return builder.build();
    }
}

```

- 应用在使用时，将所有请求接口放到 `HttpMethods` 中，如本例中的豆瓣热门电影请求如下。

```

/**
 * Gets hot movie.
 *
 * @param subscriber the subscriber

```



```

    */
    public void getHotMovie(Subscriber<DataModel> subscriber) {
        if (rxHttp == null) {
            rxHttp = RxHttp.getInstance();
        }
        RxHelper.toSubscribe(rxHttp.create(IDataApi.class).getHotMovie(), subscriber);
    }

```

■ toSubscribe 是对 Subscribe 的提炼，如下所示。

```

/**
 * To subscribe.
 *
 * @param <T> the type parameter
 * @param o the o
 * @param s the s
 */
public static <T> void toSubscribe(Observable<T> o, Subscriber<T> s) {
    o.subscribeOn(Schedulers.io())
        .unsubscribeOn(Schedulers.io())
        .observeOn(AndroidSchedulers.mainThread())
        .subscribe(s);
}

```

■ Activity 中调用方法如下。

```

/**
 * Request by progress.
 */
public void requestByProgress() {

    Subscriber<DataModel> subscriber = new RxProgressSubscriber<DataModel>(this) {

        @Override
        public void _onNext(Object o) {
            bindData(((DataModel) o).getSubjects()); //数据转换和呈现
        }

        @Override
        public void _onError(String msg) {

        }

    };

    HttpMethods.getInstance().getHotMovie(subscriber);
}

```

■ RxProgressSubscriber 是网络库中封装的带有 Dialog 加载的 Subscriber，如下所示。

```

public abstract class RxProgressSubscriber<T> extends RxSubscriber implements
IProgressListener {

    private Context context;
    private ProgressDialog progressDialog;

    /**
     * Instantiates a new Rx progress subscriber.
     *
     * @param context the context
     */
    public RxProgressSubscriber(Context context) {

```

```

        this.context = context;
        progressDialog = new ProgressDialog(context, this, true);
    }

    @Override
    public void onStart() {
        showProgressDialog();
    }

    @Override
    public void onCompleted() {
        dismissProgressDialog();
    }

    @Override
    public void onCancel() {
        if (!this.isUnsubscribed()) {
            this.unsubscribe(); //取消 observable 的订阅
        }
    }

    @Override
    public void onError(Throwable e) {
        super.onError(e);
        dismissProgressDialog();
    }

    private void showProgressDialog() {
        if (progressDialog != null) {
            progressDialog.obtainMessage(ProgressDialog.SHOW_PROGRESS_DIALOG).
sendToTarget();
        }
    }

    private void dismissProgressDialog() {
        if (progressDialog != null) {
            progressDialog.obtainMessage(ProgressDialog.DISMISS_PROGRESS_DIALOG).sendT
oTarget();
            progressDialog = null;
        }
    }
}

```

11.4 Hybrid

Hybrid App 是相对于 Native App 来说的。曾几何时，笔者是一味地反对，主要是误把 Hybrid App 当作是纯粹的 Web App 或者使用 PhoneGap 为基础结合 WebView 和 Javascript 的应用开发，而没有意识到在原生 Native App 中嵌入 WebView 也可以归为 Hybrid App 的一种方式^[13]，而且现在很多有 H5 特性的 App 都是这样的实现方式。

相比于纯原生开发，Hybrid 开发效率高、跨平台、低成本，从业务开发上讲，没有版本问题，有 Bug 能及时修复，但体验特性及性能上会有所欠缺，具体使用时重点关注交互设计

(JS 与 Native 交互), 具体这里就不阐述了, 建议大家参考 Hybrid 库^[14], 作者实现了一个简单 Hybrid 框架, 考虑非常全面。

11.5 HotFix

热修复 (也称热补丁、热修复补丁, HotFix/HotPatch) 是一种包含信息的独立的累积更新包, 通常表现为一个或多个文件。这被用来解决软件产品的问题 (例如一个程序错误)。通常情况下, 热修复是为解决特定用户的具体问题而制作。——维基百科^[20]

热修复技术现在非常火热和成熟, App 的更新频率也起了一定的推动作用。目前各种热修复开源框架非常多, 实现原理也存在较大差异, 笔者整理了业界常见的 Android HotFix 方案及对比信息, 如表 11-2 所示。

表 11-2 Android HotFix 库对比

方 案	基 本 原 理	优 缺 点	GitHub 指标
腾讯 Q-Zone 超级补丁	Dex 分包方案 Hook 了 ClassLoader.pathList.dexElements[]	修复级别: 支持方法替换和类替换 及时生效: 不支持及时生效, 必须重启 性能损耗: 性能和包 Size 影响程度高	无
腾讯微信 Tinker	同上, 提供 Dex 差量包来整体替换 Dex	修复级别: 支持方法替换和类替换 及时生效: 不支持及时生效, 必须重启 性能损耗: 性能和包 Size 影响程度较高	无
阿里 AndFix ^[24] 阿里百川 HotFix	Native Hook 方案 运行时在 Native 修改 Filed 指针的方式, 实现方法的替换	修复级别: 方法级别, 不支持类和字段新增/替换 及时生效: 运行时即可修复, 修复及时 性能损耗: 性能几乎无损耗 兼容性: 少数机型不支持; 暂时不支持 Android 7.0	443/5232/1338
阿里 Dexposed ^[25]	基于 Xposed 实现运行时 AOP 框架	硬伤: 需要 root 权限, 对 ART 不支持, Android 5.0+ 不支持 修复级别: 方法级别	393/3499/969
jasonross 的 Nuwa ^[26]	ClassLoader 方式	硬伤: 作者已经停止维护 修复级别: 支持方法替换和类替换 及时生效: 不支持及时生效, 必须重启	169/2639/557
Dodola 的 RocooFix ^[27]	ClassLoader 方式	修复级别: 支持方法替换和类替换 及时生效: 包含静态修复和动态修复两种方式, 后者可以及时生效, 前者需要重启后生效 性能损耗: 需要在每个类默认构造方法插入一段代码 (插桩), 运行效率有影响	99/1354/286
蘑菇街 Aceso ^[28]	基于 Instant Run Hot Swap	修复级别: 方法级别 及时生效: 及时生效	33/689/106

注: 所有数据截止时间为 2017/05/01 12:25 PM, GMT+8:00。

iOS 中由于 Apple 本身的封闭性, 相对来说没有那么多可探索的。现在主流的热修复方法有: Apple 原生的 Dynamic Framework (注意使用后无法上架 Appstore); 微软的 CodePush 方案^[21], 其主要针对 ReactNative, 采用 JS 进行替换; 阿里的 Wax^[22], 其采用 lua 脚本方式; 腾讯的 JSPatch^[23], 其与 Max 类似, 不过采用 JS 脚本方式。

11.6 AOP

AOP (Aspect Oriented Programming), 面向切面编程, 是目前软件开发中的一个新鲜热点, 是函数式编程的一种衍生范型。利用 AOP 可以对业务逻辑的各个部分进行隔离, 使得业务逻辑各部分之间耦合度降低, 提高程序的可重用性, 从而提高开发效率。AOP 是一种通过预编译和运行期动态代理实现给程序动态统一添加功能的技术。

11.6.1 OOP 与 AOP

先技术后思想, 本质上来说, OOP 和 AOP 都是方法论。所谓方法论, 就是看实物的方法和思维, 就如当初你学习 C++ 时觉得很难, 其实最难的不是 C++ 的语法, 而是 C++ 所代表 OOP 的那种看问题看事物的方法。同理, AOP 的难度不在于你用其纯粹来编码干活, 而是从 AOP 的角度来思考、分析和解决问题。总归一点, 无论是 OOP 还是 AOP, 相对于思想, 语法并不是那么重要, 以 OOP 和 AOP 视角和思维看问题、看世界, 这才是架构师应该具备的素养。

OOP 中, 核心特点是继承、多态和封装, OOP 中将问题或者功能分散到不同的对象中去, 每个模块专心干自己的事情, 模块之间通过设计好的接口交互, 其精髓是把功能或问题模块化。而现实世界中, 并不是所有问题都能完美地划分到模块中, 例如记录日志或统计打点时, AOP 的思维是将其统一起来在一个地方集中控制和管理, 而不是像 OOP 那样嵌入各个模块中。

11.6.2 AOP 应用实例

App 开发中, AOP 主要应用场景包括日志记录、统计打点、性能监控、数据校验、权限检查、异常处理等, 下面我们以日志记录为例进行阐述。

iOS 中, 我们进行日志记录时, 一般的做法是在业务的每个控制类 viewDidLoad 中添加对应的日志信息。毋庸置疑, 这样的工作肯定是烦琐重复、枯燥无聊的, 我们都是这样过来的。有了 AOP 思想, 我们可以使用 Aspects^[15] 这个开源库, 其基于 method swizzle 原理^[16], 提供 aspect_hookSelector 方法对指定类的某些方法进行拦截, 方法如下。

- aspect_hookSelector。表示要拦截指定对象的方法。
- withOptions。枚举类型, AspectPositionAfter 表示 viewDidLoad 方法执行后会触发 usingBlock 的代码。

- usingBlock。就拦截事件后执行的自定义方法。

具体代码如下。

```
+ (id<AspectToken>)aspect_hookSelector:(SEL)selector
  withOptions:(AspectOptions)options
  usingBlock:(id)block
  error:(NSError **)error;

/// Adds a block of code before/instead/after the current 'selector' for a specific instance.
- (id<AspectToken>)aspect_hookSelector:(SEL)selector
  withOptions:(AspectOptions)options
  usingBlock:(id)block
  error:(NSError **)error;

/// Deregister an aspect.
/// @return YES if deregistration is successful, otherwise NO.
id<AspectToken> aspect = ...;
[aspect remove];
```

Android 中 AOP 架构可以研读一下 T-MVP^[17]源码，其内容非常广泛，基于 Databinding+MVP+Retrofit+RxJava，包括 Apt、AspectJ、Javassist 等诸多技术。我们这里以 Aspects^[18]为例，使用 Hugo^[19]库进行阐述，详细步骤如下。

- 在项目根目录的 build.gradle 中增加依赖，代码如下。

```
// AOP(aspectj:aspect)
classpath 'com.jakewharton.hugo:hugo-plugin:1.2.1'
```

- 在主项目或者库的 build.gradle 中增加 AspectJ 的依赖，同时加入 Hugo 模块，代码如下。

```
// aspect
compile rootProject.ext.dependencies["aspectjrt"]
// 加入 Hugo 模块
apply plugin: 'com.jakewharton.hugo'
```

- 定义 AOP 切入类。这里直接以 MainActivity 为例，如下所示。

```
public class MainActivity extends AppCompatActivity {

    @BindView(R.id.btn1)
    Button btn1;

    @BindView(R.id.btn2)
    Button btn2;

    @Override
    protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
        super.onCreate(savedInstanceState);
        setContentView(R.layout.activity_main);
        L.w(">> AspectTest onCreate");
        ButterKnife.bind(this);
        btn1.setOnClickListener(new View.OnClickListener() {
            @Override
            public void onClick(View view) {
                L.d(">> AspectTest onClick");
            }
        });
    }

    @Override
```

```

protected void onStart() {
    super.onStart();
    L.w(">> AspectTest onStart");
}

@Override
protected void onResume() {
    super.onResume();
    L.w(">> AspectTest onResume");
}

@Override
protected void onPause() {
    super.onPause();
    L.w(">> AspectTest onPause");
}

@Override
protected void onStop() {
    super.onStop();
    L.w(">> AspectTest onStop");
}

@Override
protected void onDestroy() {
    super.onDestroy();
    L.w(">> AspectTest onDestroy");
}
}

```

■ 定义 AOP 实现类。如下 AspectTest 类所示。

```

@Aspect
public class AspectTest {

    /**
     * Log for main activity. 切入点, 代码注入位置
     */
    @Pointcut("execution(* com.skyseraph.xknife.MainActivity.onCreate(..)) ||"
        + "execution(* com.skyseraph.xknife.MainActivity.onStart(..)) ||"
        + "execution(* com.skyseraph.xknife.MainActivity.onResume(..)) ||"
        + "execution(* com.skyseraph.xknife.MainActivity.onStop(..)) ||"
        + "execution(* com.skyseraph.xknife.MainActivity.onDestroy(..)) ||"
        + "execution(* com.skyseraph.xknife.MainActivity.onPause(..))")
    )
    public void logForMainActivity() {
    }

    /**
     * Log.
     *
     * @param joinPoint the join point
     */
    @Before("logForMainActivity()")
    public void log(JoinPoint joinPoint) {
        L.e("log=" + joinPoint.toShortString());
    }

    /**
     * On click event. 切入点, 代码注入位置
     */

```



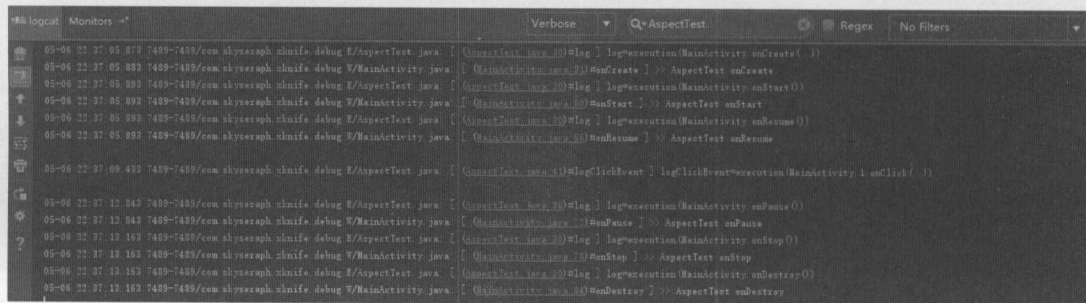
```

@Pointcut("execution(* android.view.View.OnClickListener.onClick(..))"
)
public void onClickEvent() {
}

/**
 * Log click event.
 *
 * @param joinPoint the join point
 */
@Before("onClickEvent()")
public void logClickEvent(JoinPoint joinPoint) {
    L.e("logClickEvent=" + joinPoint.toShortString());
}
}

```

■ 最终打印如下。



11.7 本章小结

从进程保活、MultiDex，到 HotFix，从 RxJava 到 AOP，本章为大家介绍 App 开发中几个主流热门的技术，以比较基础和概括的方式进行了阐述，仅起抛砖引玉的作用，期待读者参考推荐资料深入研究和体会。当然，技术无止境，新鲜热门技术一直在路上，我们应永远保持一个主动学习的状态，拥有对技术的热情和好奇心，迎难而上。

11.8 推荐资料

- [1] 一种提高 Android 应用进程存活率新方法.
- [2] multidex.
- [3] dalvik-bytecode.
- [4] Jack and Jill.
- [5] 微信团队 WeMobileDev. Android 拆分与加载 Dex 的多种方案对比.

- [6] 美团 Android Dex 自动拆包及动态加载简介.
- [7] Dalvik patch for Facebook for Android.
- [8] Reactivex.
- [9] RxJava.
- [10] RxAndroid.
- [11] RxSwift.
- [12] RxJava 操作符分类.
- [13] Hybrid App 开发实战.
- [14] Hybrid.
- [15] Aspects.
- [16] method swizzle.
- [17] T-MVP.
- [18] Aspects.
- [19] Hugo.
- [20] Hotfix.
- [21] CodePush.
- [22] Wax.
- [23] JSPatch.
- [24] AndFix.
- [25] Dexposed.
- [26] Nuwa.
- [27] RocooFix.
- [28] Aceso.

品需求解决什么問題，实现什么目标，初步确定目标用户，产品需求分析应依据以下九个原则。

- 产品需求分析应明确产品的功能目标。
- 产品需求分析应明确产品的性能目标。

第三篇 产品篇

第12章

App 是如何练成的

“App 是如何练成的”讲述的是一个产品从无到有的艰辛过程。

12.1 App 练成

一个 App 的完整生命周期如图 12-1 所示，包括立项、UI/UX、开发测试维护、推广运营以及项目管理 5 大板块。

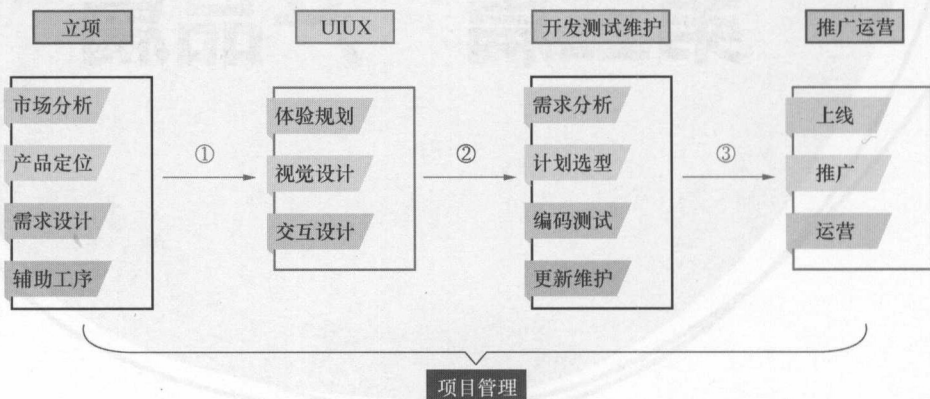


图 12-1 App 练成

- 立项。万事开头难，产品前期的立项涉及市场分析、产品定位、需求设计等，这些都是后续产品得以持续前进的基础。
 - ◆ 市场分析。通过市场调研、竞品分析等手段确定需求缺口，找到用户痛点，初步确定产品定位。其中，竞品分析包括功能分析和用户分析，以及竞品的优缺点、现存问题的整理，竞品一般选择该行业/领域排名前三的产品。
 - ◆ 产品定位。通过市场分析初步确定产品定位后，需要再次验证以及确认自己的产

品需要解决什么问题，实现什么目标，初步确定目标用户。产品定位时，注意把握以下几个原则。

- 产品定位明确清晰，一句话阐述——产品功能即目标。
- 产品核心功能明确，但不要太限制其价值空间。
- 产品越简单越好，把握快速试错原则，着重核心功能，快速迭代，及时调整。
- ◆ 需求设计。需求文档中一般包括以下几项内容。
 - 产品基本信息，如目标、功能清单等（思维导图或 Word 工具）。
 - 用户操作层面的产品流程设计。
 - 产品原型设计。借助 Axure RP、Balsamiq Mockups 等工具或者手绘阐述产品流程、业务和功能逻辑等。
- ◆ 辅助工序。确定产品名称、注册商标和网站域名。
- UI/UX。UI/UX 阶段也就是设计阶段，UI 主要包括视觉设计和交互设计，UX 主要是体验规划设计，具体参考本书中设计理念相关内容。
- 开发测试维护。产品开发测试维护可以说是我们这些从“码农”走过来的架构师最熟悉的阶段了，这是一个将产品设计落实、实现的过程，详细流程下面 12.2 小节单独阐述。
- 推广运营。所谓酒香也怕巷子深，产品发布后离不开推广，而现今又是个买不起流量的时代，我们需要一定的推广和运营技巧来运作我们的产品，具体参考本书中推广运营相关内容。
- 项目管理。贯穿整个产品流程的过程即项目管理，具体参考本书中项目管理相关内容。

12.2 开发流程

开发工作对于我们来说确实是非常熟悉了，而对于开发流程，不同公司都不一样，即使采用敏捷开发模式，也会存在各种变异版本，这些都是正常的，就如我上高中时的物理老师的一句话——具体场景具体分析，存在即合理。这里我们仅简单阐述一个通用的开发流程，更详细的参考本书中敏捷开发相关内容。一个通用开发流程具体包括以下几个部分。

- 需求分析。需求阶段是从产品介入到流程的第一个阶段，一般由技术负责人和产品实现对接，包括对产品需求的理解，目标的明确（这个非常重要，任何产品需求来到研发之前，记得问一句，这个需求目标是什么？做了有什么作用？可以带来什么？），概以需求评审和分析。
- 计划选型。需求确认后，研发需要给出开发计划了，同时需要对核心技术进行预研，对框架、开发组件、数据库等进行选型。

关于开发计划中开发时间的评估，业内有句话说——“软件工程师永远无法准确预估

项目所需要的时间”。是的，对于项目预估时间的掌握是一个很重要的能力，这里对开发计划中开发时间的评估给点小建议。

- ◆ 任务细化，分步评估。将大任务细化，细化，再细化，为每个细化的任务评估时间，而不是为大的任务评估时间。
- ◆ 添加缓冲时间（自测/Bug Fixed/代码评审等），一般经验如下。
 - 十分熟悉需求以及已有代码和框架。开发时间=评估时间 \times 1.2。
 - 熟悉业务，但不熟悉现有代码和框架。开发时间=评估时间 \times 2。
 - 熟悉现有代码和框架，不熟悉业务。开发时间=评估时间 \times 2。
 - 不太熟悉现有代码、框架以及业务。开发时间=评估时间 \times （2.5~3）。
- ◆ 回顾总结。项目结束后，一定要对原有计划进行总结，进行时间出入对比，这样才会有所提升。
- 编码测试。编码不用多说，这是我们最擅长的，注意不要忽略测试，自测或自动化测试都是必需的，具体参考本书“App质量和稳定性系列”章节中测试的内容。
- 更新维护。没有最好，只有更好，完美是不存在的，迭代开发迭代更新，好的产品长期维护是必不可少的。

12.3 也谈版本号

App离不开版本号，一般情况下，我们采用默认的1.0版本，或者直接从0.1.0开始我们的版本生命历程，如图12-2所示。这里简单阐述一下版本号的命名方式及相关知识。

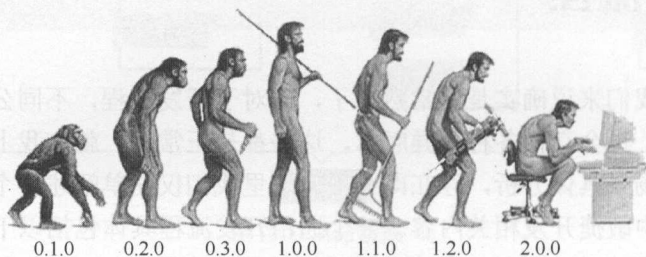


图 12-2 App 版本生命历程

我们一般采取 3 位数的版本管理方式，通用格式为<major>.<minor>.<patch>，含义如下。

- major。主版本号，大版本专用，一般从 1 开始，但也有特例，例如笔者了解某企业曾经为了融资时给投资人一个版本迭代开发资深的印象，版本号直接从 5 开始，即第一个版本就是 5.x.x，具体视业务场景而定。

- minor. 次版本号，小版本升级时用。
- patch. 修订号，主要用于 Bug 修复。

关于版本号的几点注意事项和技巧如下。

- 不需要在版本号前添加 v 或 0 标识，如 01.02.03，这是一种非专业的命名方式。
- 有时候，为了区分统计、Crash 收集等作用，我们用 patch 号来进行区分，采取类似 Linux 版本方式，偶数表示稳定版本（即 Release 版），奇数表示调测版本（即 Debug 版），这是笔者之前团队曾采用的一种方式。

12.4 本章小结

本章核心即 App 练成，阐述 App 的完整生命“旅程”，而 App 练成离不开的关键因素——人，也即团队，在第 14 章阐述。

第13章 项、产、设、运“四天王”



本章内容概览

本章将为大家介绍项目管理、产品思想、设计理念和推广运营这“四天王”。

13.1 项目管理

下面从实践出发，针对笔者曾经践行过的两种模式进行阐述：一种是敏捷 Scrum，这是一种非常适合快速变化的互联网新产品开发的模式，笔者在之前阿里的一个新项目中践行过；另一种是班车模式，这是一种非常适合互联网大型团队的巨无霸级 App 产品的迭代模式，据

了解，微信团队也采用过类似模式。当然还有一些比较大型经典的流程管理模式，如华为的 IPD 流程，这里不讨论。

13.1.1 敏捷 Scrum

实践敏捷 Scrum，并不是说让你按照 Scrum 的流程工作。记住，实施敏捷的一个最主要目的是让团队更加敏捷。接下来我们从敏捷 Scrum 相关基础及 Scrum 实践两部分进行阐述。

◇ Scrum 基础

敏捷模式是面对快速变化的需求而产生的，是一种价值观和原则，而不是方法或框架。敏捷 Scrum 是其中一种实施方式，强调面对面交流，工作重心集中在产品上；强调团队合作，对人和团队的能力要求和意识要求非常高；其基本思想是相信人，给予团队成员充分的自由，团队不需要 PM，Scrum 本身就是流程管理，大家依照流程前行；以 Sprint 和 Task 运作，可以随时加入新 Task，非常适合以快为核心的互联网产品思维。

■ 敏捷宣言价值观。敏捷宣言价值观包括如下 4 点，必须牢记于心。

- ◆ 个体和交互胜过流程和工具。
- ◆ 可用软件胜过冗长文档。
- ◆ 客户协作胜过合同谈判。
- ◆ 响应变换胜过遵循计划。

■ Scrum 核心结构。三角色+三工件+六事件。

- ◆ 三角色。
 - PO (Product Owner)。产品负责人/项目经理，确定产品功能、特性、发布日期及内容等。
 - Scrum Master。Scrum 专家，流程管理员，服务于整个 Scrum 团队，组织每日站会、Sprint 计划会议、Sprint 评审会议和 Sprint 回顾会议等，保证 Scrum 流程的实施。
 - Team。开发团队，建议 5~9 人（人数太少会影响生产效率，太多则增加沟通成本），软件开发和测试直接参与者，是跨职能团队，要求全职参与，团队自组织，坐在一起！
- ◆ 三工件。
 - Product Backlog（产品代办列表）。产品/项目期望的功能列表，有优先级标识。
 - Sprint Backlog（Sprint 代办列表）。定义和明确当前 Sprint 过程的目标和 Task。
 - Sprint 燃尽图。用来跟踪每天的工作完成情况。
- ◆ 六事件。

- Sprint。时间箱，一次迭代开发的时间周期，建议2~4周，长度固定。
- 发布计划会议。项目或版本开始之前，确定发布目标及大致的交付日期。
- Sprint 计划会议。Sprint 开始的第一天，产生 Sprint Backlog。
- 每日站会。Scrum 经验性过程中重要检视和调整的手段，每日15min。
- Sprint 评审会议。展示当前 Sprint 完成功能，Product Owner 决定接收或拒绝交付。
- Sprint 回顾会议。当前 Sprint 周期思考反省，确定调整策略。

- User Story, 用户故事。从用户的角度来阐述用户渴望得到的功能，一个通用格式为：作为一个[角色]，我想要[活动]，以便于[商业价值]。故事的估算可以采取 Scrum 独特的扑克方法，非常有意思，笔者之前的团队践行了半年以上，两周一个 Sprint，相当于两周打一次牌。

◇ Scrum 实践

Scrum 流程如图 13-1 和图 13-2 所示，前者是一个标准的 Scrum 流程，各个核心角色、工件或事件请参考前面 Scrum 基础描述；后者是笔者曾经所在团队的一种 Scrum 流程，根据自身业务进行了删减，仅供参考，读者可以结合具体业务在团队里面小规模尝试，相信你会爱上它的。再附一张燃尽图，如图 13-3 所示，这是一张标准的进行中的燃尽图。图 13-4 为笔者经历的燃尽图和任务看板，团队成员完全自管理，非常高效。

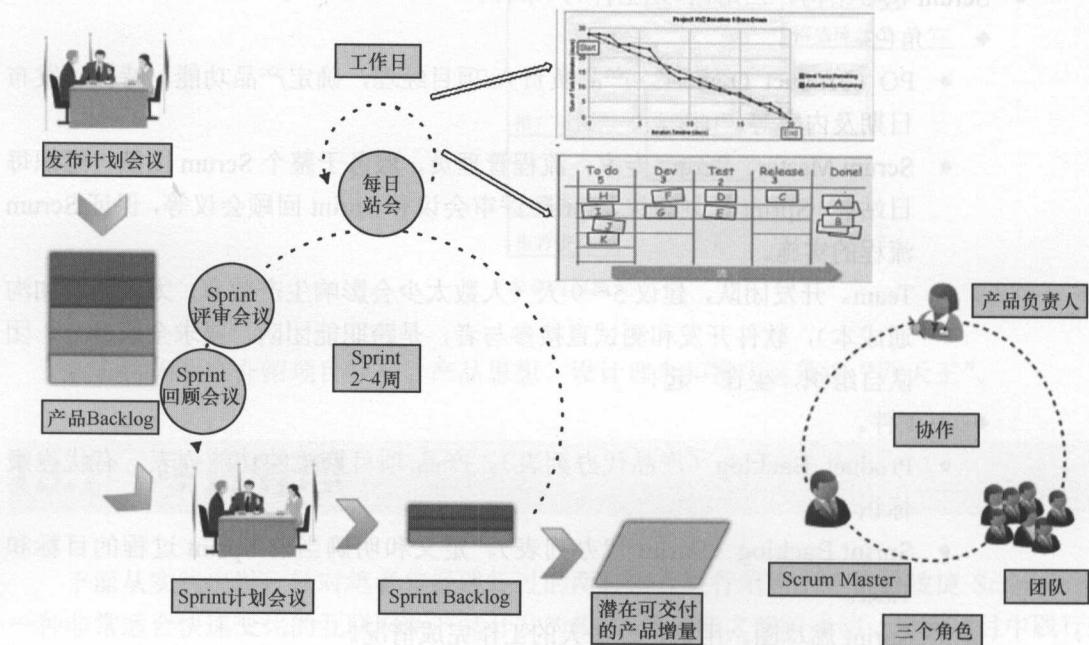


图 13-1 标准 Scrum 流程

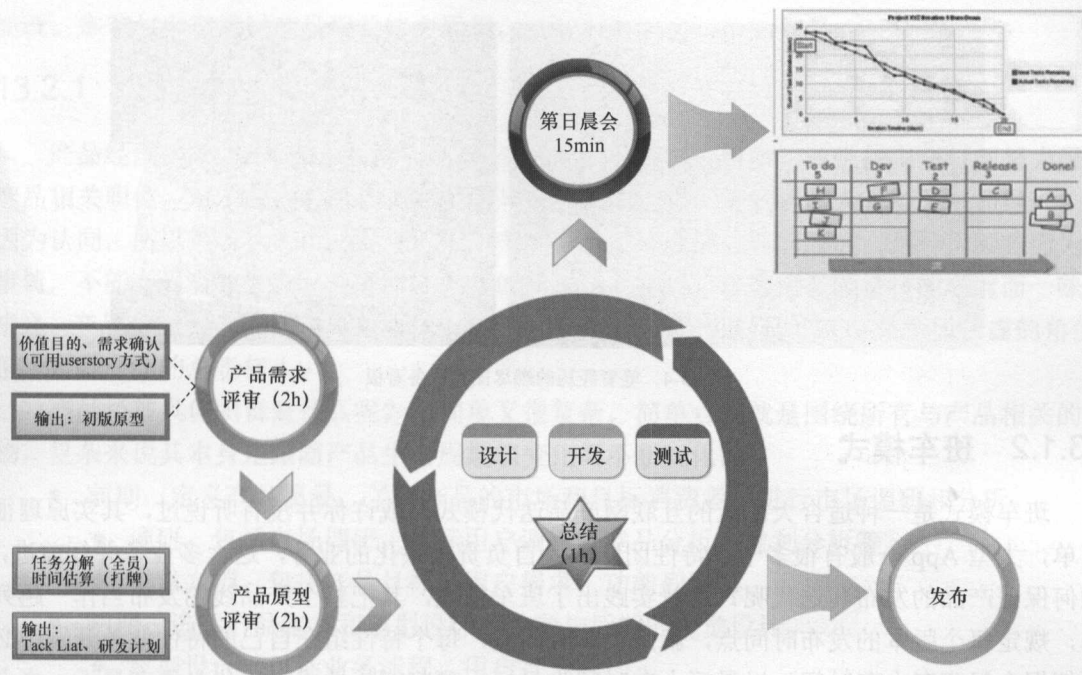


图 13-2 笔者团队的 Scrum 流程

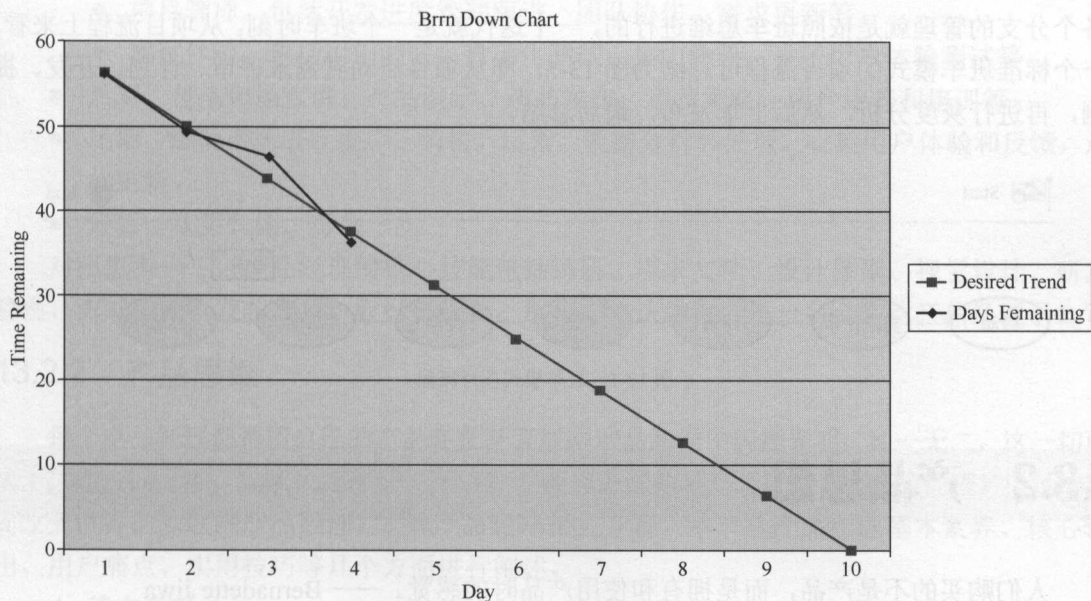


图 13-3 标准的进行中的燃尽图

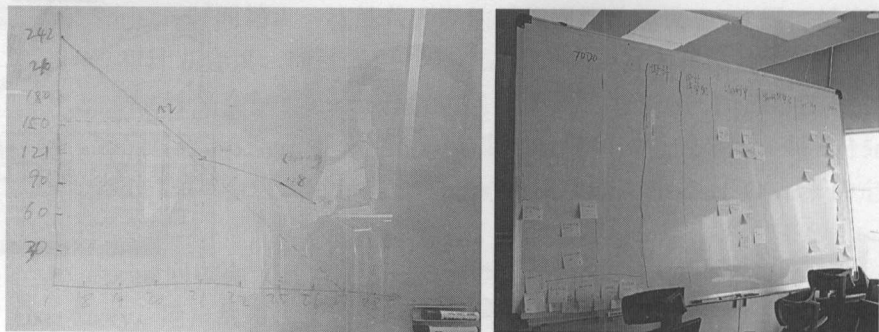


图 13-4 笔者经历的燃尽图 and 任务看板

13.1.2 班车模式

班车模式是一种适合大团队的互联网产品迭代模式，或许你并没有听说过，其实原理很简单，大型 App 一般有很多个小特性团队，各自负责模块化的业务，这么多业务并行前进，如何保证产品的发布和迭代呢？这就实践出了班车模式，其把整个产品线的发布当作一趟列车，规定每个版本的发布时间点，就是上车时间点，每个特性组在自己的特性业务开发中必须把握全局班车上车时间，以最后上车时间为目标。哪些新特性或者优化必须在最近一个上车点上车，这是特性组在版本开发前必须确认的目标。

从开发角度来看，班车模式流程请参考本书“App 开发工具系列”中的图 3-5 和图 3-6，各个分支的管理就是依照班车思维进行的，一个迭代就是一个班车时刻。从项目流程上来看，一个标准班车模式的项目流程可总结为图 13-5，即从项目启动到需求评审、计划、开发、提测，再进行灰度分析，然后上车发布，最后总结。



图 13-5 班车模式项目流程

13.2 产品思想

人们购买的不是产品，而是拥有和使用产品时的感觉。——Bernadette Jiwa

互联网时代，万物皆产品，所有的研发工作都是围绕产品进行的，可以说人人都是产品

经理。本节与大家探讨产品相关核心思想。

13.2.1 产品经理

产品经理 (Product Manager) —— 一个高大上的名词。很多毕业生找工作时都努力寻找产品相关职位, 对于此, 笔者的观点可能与大众不太一样。笔者认同人人都是产品经理, 就因为认同, 所以笔者认为产品经理职位更多是其他领域或岗位转岗而成, 是一件顺势而为的事情, 不能在没有掌握产品经理需要具备的设计、技术、管理等诸多领域技能之前而一味追求之。产品经理更多只是一个岗位名称, 可以是程序员, 也可以是 CEO, 是个比较虚的角色, 但一定是产品的总责任人。

产品经理具体职责是什么呢? 很简单又很复杂, 简单点说就是围绕所有与产品相关的事物, 复杂来说其本身是跟随产品生命周期的变化而不断变化的。

- 前期, 定义产品愿景, 了解产品的市场和目标消费者, 进行市场调研和分析。
 - ◆ 调研。包括市场调研、目标用户调研、竞品分析、盈利分析等。
 - ◆ 需求文档。包括产品目标、用户需求、功能列表等。
- 初期, 进行产品定义和原型设计, 并参与后期的视觉设计。
 - ◆ 原型设计。包括业务流程、用户行为等。
 - ◆ 视觉设计。包括 UI 和 UX。
- 中期, 产品研发过程中的项目管理, 需求迭代和更新。
 - ◆ 项目管理。包括开发进度管理跟进、团队协作、需求更新等。
 - ◆ 测试体验。包括用例测试、自动化测试、集中体验、种子用户体验测试等。
- 后期, 包括市场宣讲、产品演示、产品发布、运营策略、用户培养和培训等。
- 尾期, 协助市场进行推广、销售、运营。数据分析和处理。收集用户体验和反馈, 迭代更新。
- 最后, 从头开始, 再来一次。

对照思考一下, 产品经理的核心技能包括调研、需求文档、设计原型、视觉设计、研发管理、测试体验、发布准备、数据分析等, 那么, 你认为自己是一名合格的产品经理了么?

13.2.2 产品思维

每个产品经理都希望自己的产品在茫茫互联网产品海洋中闪烁光明, 独一无二, 这一切取决于你的产品思维。建议大家阅读一下《产品经理方法论》^[2]《人人都是产品经理》^[3]《结网@改变世界的互联网产品经理》^[4]等产品经理相关专著。本节从产品经理基本素养、核心输出、用户痛点、实用技巧等几个方面进行阐述。

◇ 基本素养

从上面产品经理的职责描述中, 大家已经知晓产品经理责任之大, 任务之广, 事务之杂,

第13章 项、产、设、运“四天王”

没有一定素养还真心担当不来。这里不展开讨论，很多我们工程师必备的素养对于产品经理来说都是必需的，如处事能力、执行力、时间管理能力、目标管理能力、知识管理能力等，但有几点能力素养是产品经理最核心的——视野、原则性和沟通。一个优秀的产品经理必定具备前瞻视野，可以看行业，看趋势，看未来，顺势而为；同时是一个原则性很强的人，能在众多压力下有能力让大家信服和认同；并且还要具备很强的沟通能力，善于与各个团队打交道，才能保证事顺人顺。

产品经理需要沟通的对象包括开发团队、设计人员、市场人员、销售人员、上级等。与开发团队沟通时，关键在于产品经理站在技术的角度对技术的了解程度，不懂技术的产品经理其实是失败的，懂技术的产品经理至少可以提高产品设计时技术的可行性，避免井底之蛙式闭门造车；与设计人员沟通的关键在于设计理念的一致性以及技术可行性指导；与市场和销售沟通的关键在于把握产品的卖点、用户痛点，描述产品帮助用户解决了什么问题，与竞品的核心差异；与上级的沟通核心在于了解上级的初衷、目标或 KPI。

◇ 核心输出

产品经理核心输出包括原型设计和相关文档。原型设计其实就是页面级别的文案和信息，以及页面之间的交互流程和逻辑，是产品功能与内容的示意图。按精细度可以分为保真产品原型和高保真产品原型、设计成品，原则上来说尽量采用高保真产品原型，这样产品原型与设计师的产出基本一致，当然这就要求产品经理具有设计思维了，因为其承担了设计的职责。然而，所谓术业有专攻，很多时候我们并不那么专业，或者由于时间原因不能完成高保真产品原型，这时我们可以输出低保真原型稿，然后找专业设计师进行设计。当然，低保真原型稿设计就不需要那么专业的工具，直接用笔在纸上手绘即可。

除了原型设计，产品经理还需要输出系列文档，比较核心的有 PRD (Product Requirement Document, 产品需求文档)、BRD (Business Requirement Document, 商业需求文档)、MRD (Market Requirement Document, 市场需求文档) 等，简单概括就是通过 BRD 阐述产品的商业价值，通过 MRD 阐述实现商业价值/目标的方式，通过 PRD 将具体实现方式指标化、技术化。例如，一个通用的 PRD 文档目录可以表示如下。

目录

1. 项目概述
2. 项目价值
3. 项目背景
4. 功能概述

4.1 场景描述

4.2 功能汇总

4.3 业务流程图

4.4 功能描述

4.5 安全需求

5. 用户界面

6. 非功能需求

7. 附录

◆ 用户痛点

没有完美的产品，也没有完美的设计，设计最终目的是为用户创造价值。产品的出发点一定是用户/客户，产品存在就是为了解决用户的痛点，来创造用户价值，产生产品价值。那么，什么样的问题才是用户的痛点呢？这里引用乔克·布苏蒂尔《产品经理方法论》^[2]中的描述来解答这个问题。

- ◆ 问题的普遍性。具体是哪些人有这样的问题？会影响到很多人吗？
- ◆ 问题的紧迫性。人们希望马上解决这一难题，还是可以等等看？
- ◆ 问题的复杂性。人们能自行解决，还是需要别人帮助解决？
- ◆ 问题的价值。这个难题究竟让人们有多头疼，他们愿意花钱解决吗？
- ◆ 是否有利可图。解决问题的成本比问题本身的价值多还是少？

更进一步，描述产品时，应站在用户的角度，描述为用户解决了什么问题，带去了什么好处，而不是阐述产品具有什么自身的特性。

◆ 实用技巧

这里摘录一些产品经理容易犯的错误和实用参考，主要引用自乔克·布苏蒂尔《产品经理方法论》^[2]。

- ◆ 产品没准备好，就不要急于发布。在产品发布前，不要只考虑产品的质量，客户服务、合作关系和分销渠道都同样重要，其中一个环节失败都会影响到整个产品的发布效果。
- ◆ 别错失产品发布良机。
- ◆ 别进入你不了解的市场。在公司进入新市场之前，要通过增长专业知识来摸索这个市场。盲目地进入市场并做大规模投入的方式是很愚蠢的。
- ◆ 避免有缺陷的商业案例。建立最佳情况、最糟情况和可能情况案例。
- ◆ 失败在于各方沟通不畅。产品经理既要理解每个部门的各自挑战和需求，又要负责积极主动地与所有人分享相关信息。
- ◆ 学会从成功中取经。列出一个完整的发布前要准备的内容清单，并与各相关部门沟通。
- ◆ 软件产品必须做到向下兼容（或多版本支持），因为客户可能没有准备好或者不愿意升级产品。
- ◆ 第二张唱片的难题。一个音乐家推出的第一张唱片非常火爆，而第二张唱片往往会失败。公司推出的产品也有这样的问题：第一个产品推出时，人们认为你

是创业公司；而在推出第二个产品时，你已经成长为成熟的公司，人们的期待值是不同的。

- ◆ 通过模拟小失误来避免重大失误。通过不断的测试来验证系统，以避免缺陷带来更坏的影响。
- ◆ 如何应对危机？保持冷静、控制局面，调查原因，汇报进展，测试方案、纠正错误。
- ◆ 产品路线图计划能防止糟糕表现。
- ◆ 敏捷开发。

13.3 设计理念

没有需求或设计，编程就是一种将 Bug 添加到一个空文本文件里的艺术。——Louis Srygley

席慕蓉说过：“涉江而过，芙蓉千朵。诗也简单，心也简单。”现在的 App，很多都只是功能的堆积，忘了设计。每每看到一款设计新颖、独具一格的总会让笔者不忍放手。可以说，设计是一个产品的灵魂所在，很钦佩那些艺术家般的设计师，很喜欢那些艺术般的作品。架构师的我们，或许艺术细胞不是与生俱来的，但至少我们拥有最基本的设计理念和艺术的敬意。

13.3.1 UI 与 UX

如果未接触过设计，UI (User Interaction)、UX (User Experience)、GUI (Graphic User Interface, 图像界面接口)、UED (User Experience Design, 用户体验设计) 等诸多名词概念可能让大家困惑不已，后面两个好理解，如中文翻译所示，关键是前面的 UI 和 UX，可能理解会有偏差。我们简单点理解，UX 就是通过了解用户的动机、行为、满意度来重新塑造产品或服务，或者是我们希望用户在享用产品或服务时的体验，而 UI 是一种呈现输入和输出的设计，网上有一张比较形象的图，如图 13-6 所示，简单深刻。下面总结了 UI 和 UX 的核心差异。

- $UX \neq UI$, UX 是一种结果而不是过程，需要研究、了解、评估，关注用户体验而非华丽美观的外在，如图 13-7 所示。
- UX 是对产品和服务的综合体验，其职责包括用户画像、用户故事、用户调研、

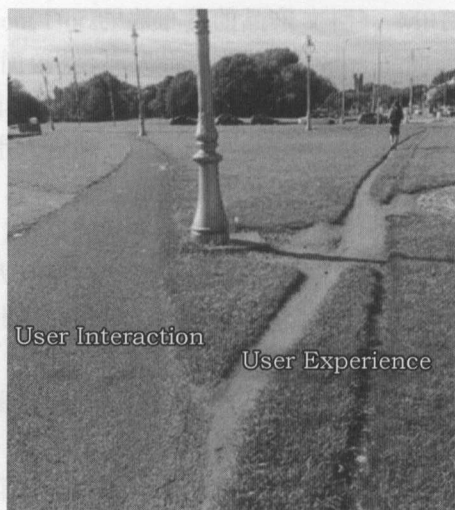


图 13-6 UI 与 UX 向左向右？

可用性测试等；UI 是一个特定的组合，包括视觉设计（visual design）和交互设计（interaction design），如图 13-8 所示。

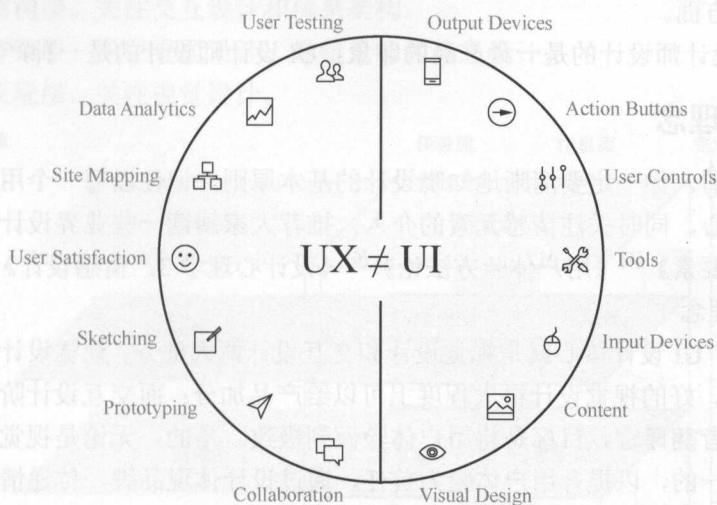


图 13-7 UX ≠ UI^[9]

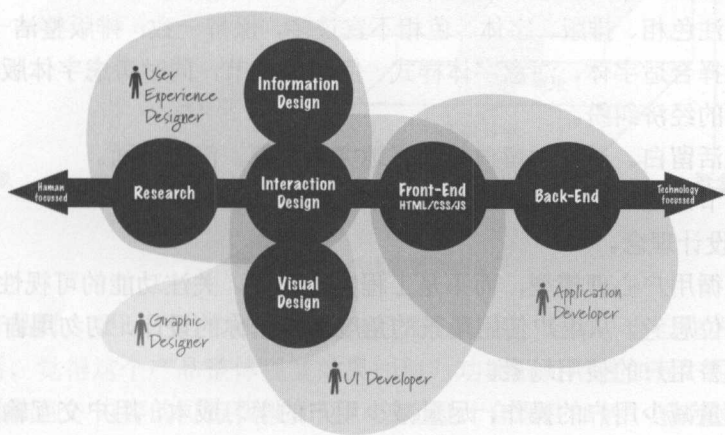


图 13-8 UX 与 UI^[9]

- UI 是用户使用的部分，关注产品功能；而 UX 是用户使用时的感受，关注用户情感。例如，针对一个具体的界面或者控件，UI 设计师关注的是其颜色显示，考虑的是视觉的部分，即产品看起来如何；而 UX 设计师则关注其位置等其他信息，出发点是用户的感受，考虑的是用户会如何使用。
- UI 涉及人机交互、工业设计、视觉和声音设计等；而 UX 则包含信息架构、内容策略在内的更多部分，它需要从整体动态流程上考虑产品是否能解决用户的问题。

UI 属于 UX 的一部分。

- UX 设计以用户为中心，关注任务流和使用场景；UI 设计重心则是色彩、排版等视觉方面。
- UX 设计师设计的是一种产品的印象；UI 设计师设计的是一种产品的呈现。

13.3.2 设计理念

设计开始之前，你一定要清晰地知晓设计的基本原则，记住以每一个用户设计为基本，以简单易用为核心，同时关注情感元素的介入。推荐大家阅读一些业界设计大师的书籍，分别是《用户体验要素》^[5]《用户体验方法论》^[6]《设计心理学 3：情感设计》^[7]等。

◇ UI 设计理念

前面阐述过，UI 设计核心就是视觉设计和交互设计两大部分。视觉设计阶段可以理解为产品=实用×美观，好的视觉设计很大程度上可以给产品加分；而交互设计阶段就是用户和产品交流的桥梁或者翻译官，目标是将用户体验做到极致。是的，无论是视觉设计还是交互设计，目标都是统一的，以提升用户体验为首任，通过设计体现品牌，传递情感。

■ 视觉设计原则。

- ◆ 一致性。设计元素风格尽量保持一致。
- ◆ 关注色相、排版、字体、色相不宜过多，保持一致；排版整洁一致，重点突出；选择合适字体，注意字体样式、间距等细节，同时考虑字体版权问题，避免以后的经济纠纷。
- ◆ 灵活留白。适当的留白能更好地突出主题，简化画面。
- ◆ 细节决定成败。要注意设计细节，如层次感、光影等。

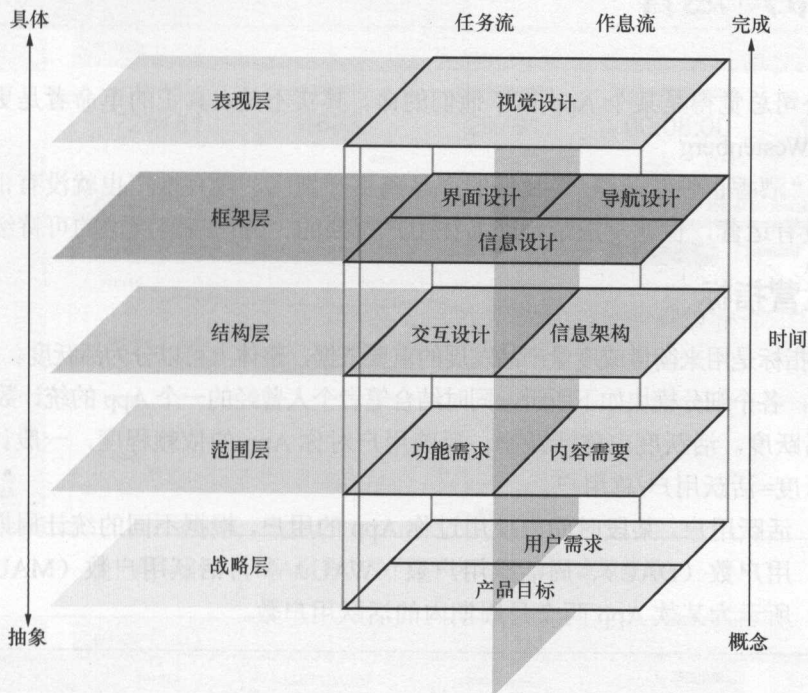
■ 交互设计理念。

- ◆ 遵循用户心理模型，而不是工程实现模型，关注功能的可视性。
- ◆ 换位思考，从用户使用场景的角度来开始你的设计，切勿用自己的思维模式来代替用户的使用场景。
- ◆ 尽量减少用户的操作，尽量减少用户的学习成本，用户交互输入操作时要有引导或参考。
- ◆ 特定场景下限制用户操作，防止误操作，引导用户正确地操作。
- ◆ 通过设计体现情感，传递品牌。

◇ UX 设计理念

成功的产品形态绝不是由“功能”决定的，而是由“用户自身的心理感受和行为”来决定的。UX 设计的核心理念就是一切以用户体验为中心，时刻关注用户体验。所谓用户体验，其实就是产品与外界之间的联系并发挥作用，也就是用户如何接触及使用你的产品，如图 13-9 所示，其核心要素如下。

- ◆ 战略层。关注用户需求和产品目标。
- ◆ 范围层。关注功能需求和内容需求。
- ◆ 结构层。关注交互设计和信息架构。
- ◆ 框架层。关注界面设计、导航设计和信息设计。
- ◆ 表现层。关注视觉设计。

图 13-9 用户体验要素框架^[7]

设计你的产品时，要时不时实践及反问自己几个问题，比如：自己作为小白用户，在体验这个产品之后，觉得这个产品整体视觉效果如何？功能的可用性如何？层级和交互设计如何？内容可读性如何？内容的可查找性如何？交互设计合理性如何？响应速度如何？有没有帮助反馈渠道？有没有新手引导？等等。这些都从用户体验的角度诠释你产品的UX设计理念。

一切从用户思维出发，这是贯穿产品的始终理念。设计开始前，注重用户调研，可以通过案例研究、用户访谈、市场调研、情景调查、同行分析等各种方式来进行用户调研，来正确理解用户，来建立用户需求和产品目标之间的桥梁。

◇ 情感理念

唐纳德提出了3种层次的情感化设计理论^[7]，包括本能层次设计（Visceral）、行为层次设计（Behavior）和反思水平设计（Reflective），简单理解就是设计的视觉吸引人，功能人性化，同时还能有情感共鸣。我们的设计不应该仅仅停留在视觉层面，更应该从“平面视觉”

中创造“品牌体验”，因为品牌设计不仅是“视觉的看”，更是“体验的心”，要在设计中带入情感，甚至人文关怀，创造具有幸福感的设计，满足顾客的情感需求，使顾客对品牌产生依恋，让情感上的共鸣深深打动消费者的心灵。

13.4 推广运营

的士公司总觉得是某个 App 革了他们的命。其实不是。真正的革命者是更好的乘车体验。——Jon Westenberg

古语说：“酒香也怕巷子深。”我们的产品离不开推广，没有推广也就没有市场，更谈不上运营，而没有运营，也就没法带着产品往用户想要的、公司战略层面的可持续方向发展。

13.4.1 运营指标

App 运营指标是用来衡量或度量产品发展的重要依据，整体上可以分为活跃度、用户量、留存率以及收入等，各个细分模块如下所示，同时结合笔者个人曾经的一个 App 的统计数据进行说明。

- 活跃度。活跃度也称活跃率，反映用户对你 App 的依赖程度，一般计算公式为活跃度=活跃用户/总用户。
- ◆ 活跃用户。某段时间内使用过你 App 的用户，根据不同的统计周期分为日活跃用户数（DAU）、周活跃用户数（WAU）和月活跃用户数（MAU）。图 13-10 所示为某款 App 两个月周期内的活跃用户数。



图 13-10 某款 App 两个月活跃用户数（友盟数据）

- ◆ 启动次数。一段时间内平均启动次数，一般包括日、周、月启动次数。
- ◆ 活跃用户构成。新用户和老用户构成比例，反映新用户在总体用户中占比。
- ◆ 使用时长。指用户使用 App 或者在 App 上停留的时长，一般又可以细分为平均单次使用时长和平均日使用时长。图 13-11 和图 13-12 所示分别为某款 App 两个月周期内平均单次使用时长和平均日使用时长。



图 13-11 某款 App 两个月平均单次使用时长（友盟数据）



图 13-12 某款 App 两个月平均日使用时长（友盟数据）

- ◆ 时间间隔。同一用户相隔两次使用 App 的时间间隔。

第13章 项、产、设、运“四天王”

■ 用户量。

- ◆ 新增用户。这个好理解，当然还可以细分，从时间上可以分为日、周、月新增用户数，从渠道上可以分××渠道新增用户数，这是进行某次推广活动成效验收的关键指标。
- ◆ 累计用户。即产品的用户量，一般是指激活量，而不是所谓的下载量、安装量，因为这些数据一般比较虚，无太大价值，至少是激活用户才是有效用户，而不是僵尸用户。图 13-13 所示为某款 App 两个月周期内的累计用户数。



图 13-13 某款 App 两个月累计用户数（友盟数据）

- ◆ PV 与 UV。这是两个传统用于 Web 的指标，也可以在某种意义上用于 App。PV 是指访问用户数，可以理解成单日访问次数或使用过你 App 的用户次数，当然也可以针对某个具体页面进行阐述。UV 是指独立用户数，即针对你 App 或者某个具体页面的独立用户数。通俗一点，例如，同一个人使用 10 次，PV 是 10，而 UV 是 1。
- 留存率。一般通过留存率来反映不同时期用户流失的情况，一般包括次日留存、7 日留存以及 30 日留存，30 日留存一般针对拥有相对周期的成熟产品。计算公式为留存率=登录用户数/新增用户数×100%。
 - ◆ 次日留存率。指第一天使用了，第二天还使用的用户占比，一般达到 40%表示用户对产品的依赖程度很高了。图 13-14 所示为某款 App 两个月周期内的次日留存率。
 - ◆ 7 日留存率。统计一周内用户的留存情况，反映忠诚度。
- 收入。这个毋庸置疑，Boss 最关心的。
- 其他。
 - ◆ 错误。App Crash 统计，又可以细分为错误率和错误数。
 - ◆ 流量。统计 App 每日或每次使用的平均上传流量、平均下载流量。

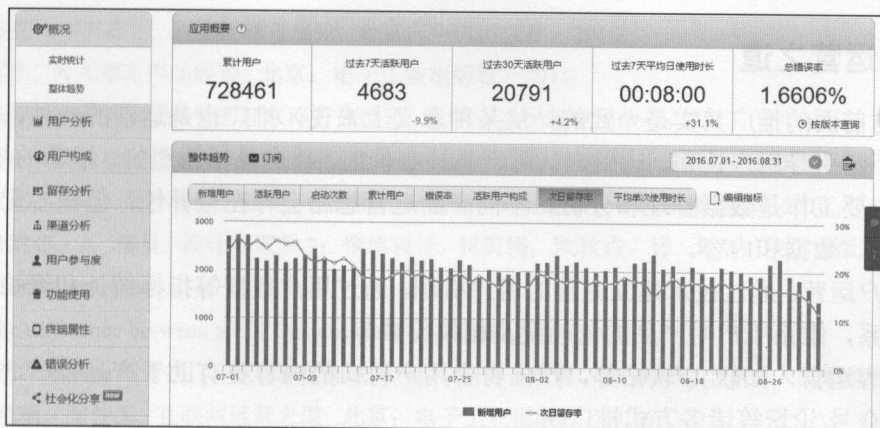


图 13-14 某款 App 两个月次日留存率 (友盟数据)

13.4.2 大话推广

推广是个实战型的大话题，其目标通俗地说就是将你的产品从“酒香也怕巷子深”转变成“妇孺皆知”。不同阶段的推广重点和方式存在差异性：产品前期，以广撒网的方式为主，用尽一切手段狠狠地推广；产品中期，已经迭代了几个版本，此时重在维护；产品成熟期，此时重点关注品牌效应，努力提高品牌影响力，通过品牌效应来拉动用户量等。笔者对 App 常用的推广方式进行了一个整理，如图 13-15 所示。注意：推广一定要定期总结，可通过下载量、激活量、活跃度、留存率以及收入等指标对推广效果进行总结。

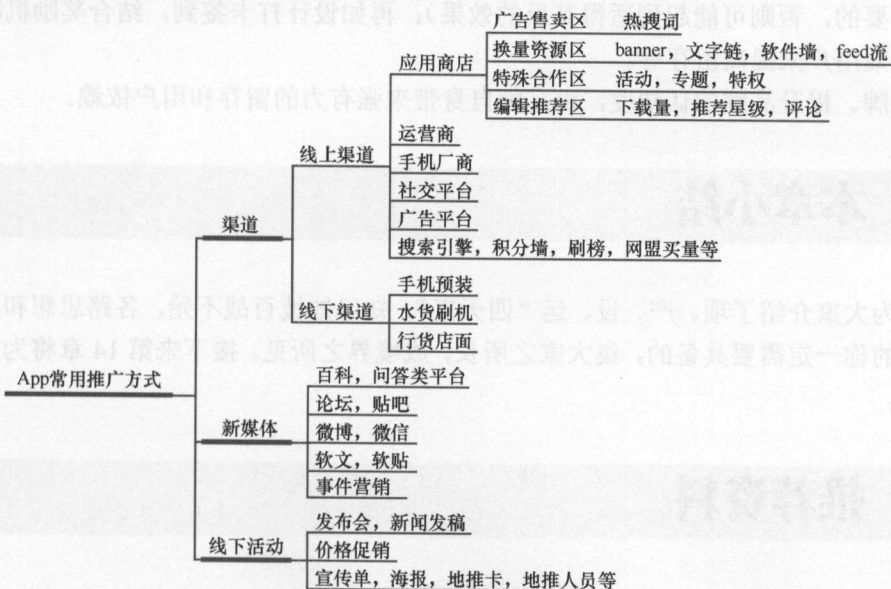


图 13-15 App 常用的推广方式

13.4.3 运营之道

运营与前面的推广其实是一致的，从某种意义上来说，推广也是运营的一种，运营的目标就是要不断引导用户认知，让用户认可产品核心价值，让产品活得更好。运营的核心是人、是用户，主要工作是数据整理和分析。不同产品运营思路会存在差异性，但核心无外乎三方面——用户、数据和内容。

- 用户运营。通过技术建立完善的用户机制，通过用户数据等指标统计和维护用户相关关系，维系用户对产品的依赖度及相关反馈等。
- 内容运营。如软文/软帖等，产出符合用户胃口的内容更有助于产品推广，可以通过公众号/论坛等诸多方式推广。
- 数据运营。现在是一个大数据时代，拥有了数据就拥有至高无上的话语权，上述所有的运营指标、用户、内容以及包括渠道运营、社群运营、活动运营等都是你积攒的数据，对这些数据的经营就是数据运营。

具体针对运营指标中的留存举例说明，如何提高 App 的留存率呢？我们可以从产品、推广和品牌 3 个方面（或者说 3 个阶段）来分析。

- 产品。打铁还需自身硬，打好基本功，拥有极佳的用户体验，让用户对你一见倾心。
- 推广。制造各种机会，不断偶遇，让用户记住你。例如前面小节中阐述的一些推广方式，想办法让你的 App 不离开用户的视野；再如在 App 内定期推送以刺激活跃度（注意在推送每一条消息的时候，都应该考虑用户的实际场景，这条消息是不是用户正好需要的，否则可能起到适得其反的效果）；再如设计打卡签到，结合奖励机制，拉动有效用户来提高留存等。
- 品牌。提升品牌的认知度，由品牌自身带来强有力的留存和用户依赖。

13.5 本章小结

本章为大家介绍了项、产、设、运“四天王”，知己知彼百战不殆，各路思想和方法是作为架构师的你一定需要具备的，集大家之所长，成境界之所见。接下来第 14 章将为大家介绍高效团队。

13.6 推荐资料

[1] 科恩. Scrum 敏捷软件开发. 廖靖斌, 等, 译. 北京: 清华大学出版社, 2010.

- [2] 乔克·布苏蒂尔. 产品经理方法论. 北京: 中信出版社, 2016.
- [3] 苏杰. 人人都是产品经理. 北京: 电子工业出版社, 2011.
- [4] 王坚. 结网@改变世界的互联网产品经理. 北京: 人民邮电出版社, 2013.
- [5] Jesse James Garrett. 用户体验要素. 范晓燕, 译. 北京: 机械工业出版社, 2011.
- [6] 卢克·米勒. 用户体验方法论. 王雪鸽, 田士毅, 译. 北京: 中信出版集团, 2016.
- [7] 唐纳德·A. 诺曼. 设计心理学 3: 情感设计. 何笑梅, 欧秋杏, 译. 北京: 中信出版社, 2012.
- [8] User_experience.
- [9] The difference between a UX Designer and UI Developer.
- [10] 胡保坤. App 运营推广: 抢占移动互联网入口、引爆下载量、留住用户. 北京: 人民邮电出版社, 2015.
- [11] 金璞, 张仲荣. 互联网运营之道. 北京: 电子工业出版社, 2016.

第14章

我的高效团队

我的高效团队

- 从编码规范开始
 - 编码规范
 - 你的注释，认真一次
 - 静态代码检测
- 不得不说的Code Review
- 晨会，高效一天的开始
- 沟通和团建
- 别忘了技术分享
- 面试，面试，再面试
- 自我管理，扁平化
- 最后，聊聊加班
- 本章小结
- 推荐资料

本章内容概览

高效团队无外乎3点——人、过程及工具。你的高效团队一定是一群有组织、有纪律、有规矩的高素质工程师的集合，百川汇海可撼天，众志成城比金坚。本章我们来聊聊高效团队的一些习惯和素质。

14.1 从编码规范开始

I'm not a great programmer; I'm just a good programmer with great habits.（我不是个伟大的程序员，我只是一个有着一些优秀习惯的好程序员）——Kent Beck

代码质量或者代码之美是我们作为程序员的追求，用Abelson的话来说，程序必须是为了给人看而写，给机器去执行只是附带任务。傻瓜都能写出计算机能理解的程序，只有优秀程序员写出的才是人类能读懂的代码。

✧ 编码规范

程序员的麻烦在于，你无法弄清他在“捣腾”什么，当你最终弄明白时，也许已经晚了。——超级计算机之父 Seymour Cray

具体到统一的编码规范，限于篇幅，这里不打算罗列了，也没太大意义，毕竟都不是什么问题，关键问题在于你和你团队成员的遵守及落实。推荐一些资料，首先是《代码整洁之道》^[5]，值得团队所有成员进行研读，然后规范上的，包括 Google 的《Google Java 编程风格指南》^[1]《Google Android 编码规范》^[2]和《Google 开源项目风格指南》^[3]，阿里巴巴推出的《阿里巴巴 Java 开发手册》^[4]（阿里内部编码规范）等，大家按照业内标准结合自己团队特色适当修改即可。将规范养成习惯，牢记于心，这才是最重要的。还有些非常知名的大企业将编码规范作为入职后转正必须通过的科目考试之一，虽然有点过，但也不失为一种有效的方式。

✧ 你的注释，认真一次

注释代码很像清洁你的厕所，你不想干，但如果你做了，这绝对会给你和你的客人带来更愉悦的体验。——Ryan Campbell

注释是编码规范中最基础、最没有技术含量的活，可惜往往在团队成员，特别是新招员工，代码 Review 时，看着注释让人苦笑不得，要么废话一堆，任何你写的代码，超过 6 个月不去看它，当你再看时，都像是别人写的。程序中必要的注释还是需要的，当你感觉需要撰写过多注释说明时，请先尝试重构，试着让大部分注释都变得多余。

✧ 静态代码检测

在编码规范上，如果一切都是人去 check，人去跟踪，那你或许不用做其他事了。确实，如果机器可以搞定的事尽量让机器去做，定义好游戏规则，大家遵循规则执行，机器帮我们 check 规则的执行度。在编码规范上，我们完全可以引入静态代码检测等方式，请参考本书“App 质量和稳定性系列”章节中代码质量监测内容。

14.2 不得不说的 Code Review

我们大部分时间是在维护其他人（或我们自己）所写的代码，错误、过时和误导性的注释也是代码中最令人纠结的因素之一。

前面我们阐述了通过机器代替人去做一些规则的 check，但不是意味着所有的都可以由机器去自动实现，一定的 Code Review（代码检视/评审）是必要的，毕竟机器不是人，虽然有了 AI 的介入，但总还是有一定的距离。

具体到 Code Review 的实践上，一定离不开工具。诚然工具不是万能的，特别是在代码规范、代码质量层面上，核心还是在团队的践行，但好的工具确实会给大家带来极大的方便。

笔者主要经历了基于 Git 的 Flow (Gitlab Flow) Code Review 方式以及基于 Gerrit 的 Code Review 方式, 重点推荐 Gerrit, 这是 Google 团队使用的工具, 也推荐大家阅读一下 Google 的 “Things Everyone Should Do: Code Review”^[6]。

工具有了, 但最后落实时, 还是会存在一定的问题, 毕竟 Code Review 是需要团队成员参与的, 需要团队成员花时间去 Review 他人代码。在互联网敏捷迭代的快速开发模式下, 版本迭代周期极短, 每个开发者都忙得跟狗似的, 哪有多余时间去 Review, 去做代码审核工作啊? 另外, 团队成员技术水平可能不一样, 能力稍基础一点的估计看那些高手写的夹杂各种设计模式的代码, 很费劲; 而高手对基础的代码也毫无兴趣, 这几乎是任何团队在践行 Code Review 必定遇到的问题。这里分享几点经验。

- 首先, 每个开发者都要端正一个态度, Code Review 不仅仅是为了产品, 同时对自己的编程质量也是一种提高, 通过团队成员的指点能够快速发现一些编程陋习, 通过学习优秀代码可以快速成长。作为工程师, 我们不能为了业务而业务, 个人的成长一定要与公司业务双头并进, 这就是我们每个人需要的自觉能动性。
- 小而美的特种兵团队。小而美的高水平的团队成员真的非常重要, 在项、产、设、运 “四天王” 的项目管理中也提到, 实践敏捷 Scrum 对团队成员要求很高, 所以, 如果你有能力保证你的小而美的团队像一支特种兵, 很多问题都不再是问题。至于代码编码和 Code Review 时间上的平衡, 有很多方法, 在团队成员每次提交都保持原子操作原则时, 代码 Review 其实就是几分钟的事情, 可以临时 Review, 也可以统一在每天下班前 10min 或者一个固定时间执行。
- 大而全的团队。当团队规模比较大时, 如果没有一定的规范, Code Review 将会是一件比较痛苦的事情。这种情况下, 笔者建议 Code Review 无须 “人人参与”, 而是针对某个 commit, 只需要关联人 Review 即可, 就是你当前修改或者新增可能会影响 A 团队的业务模块, 此时 @A 负责人或具体相关人, 当你的代码是基于某人 B 的代码进行修改的, 那 commit 后 @B, 另外所有 commit 都 @ 自己模块负责人。笔者曾在阿里经历一个团队, 其研发有近百人, 大家基本都遵循类似规则前行。
- 可能遇到的两个问题。
 - ◆ 如果大家在同一时间提交, 这就可能出现 conflict 问题。对于小团队来说, 这种概率比较低, 并且在准备提交时招呼一声即可。而大团队, 群里招呼一声可能对大家干扰比较大, 不是一种好方法。这里推荐通过分支管理原则解决, 大团队其实都是由一个个小的业务团队组成, 自己小团队的业务有专门的业务分支, 所有开发都在业务分支上进行, 最后准备上线时再提交主干分支或班车分支, 通过大团队小业务模块化, 其实本质也是一支支小而美的团队了。

- ◆ 前面提到，每次 commit 一定要原子操作，并配有说明，这个需要和团队成员进行落实。你不能修改一点就 commit 一次，甚至别人在 Review 前面一次代码时，你后面代码又把前面代码全部覆盖了。

14.3 晨会，高效一天的开始

晨会，似乎很简单，一看就懂，大家都明白，我们把它当作高效一天快乐工作的开始，然而实际中，现在开晨会的公司不多，能够坚持每天开晨会的就更少了。任何一件事，坚持下去都需要一定的勇气、毅力和信念，如何让团队将这种简单的信念坚持下去，并成为习惯，这里分享几点经验。

- 时间。小组成员不要超过 10 人，遵循项、产、设、运“四天王”中阐述的敏捷 Scrum，如果超过 10 人，分组进行，花费大概 6~12min。
- 地点。就近原则，可以在 Leader 座位旁或者走廊里，围成一个圈，简单高效。
- 流程。每个人针对前一天完成的任务及遇到的问题进行阐述和抛出，晨会不需要深入讨论细节，晨会组织者应对所有问题进行整理再统一输出。
- 陈述。如上流程中所述，不谈过程，只陈述结果以及问题，不讨论，只记录。

大家在具体应用时，结合具体场景灵活变化，把握上述基本原则即可。那么，让我们一起开一个高效的晨会，让我们高效的一天从晨会开启。

14.4 沟通和团建

什么是真正的团队？有一个通俗一点的比方， $1+1=2$ 那是大家坐在一起工作， $1+1<2$ 那是一盘散沙， $1+1>2$ 才是团队。如何可以做到 $1+1>2$ 呢？其实很简单，心简单了，事情自然就简单了，大家目标一致，内心一致，力往一处使，必然可以做到 $1+1>2$ 。

每个人都希望自己所在的团队是开放的、务实的和专注的，同时又具备创新精神，充满着学习、分享、竞争，渴望自身价值得到体现的同时能够有所成长，奢求一种“感觉”——在你组织里做事的感觉，图 14-1 所示的就是期望并为之奋斗的团队的样子。纵然公司文化存在差异，但并不阻碍你对团队的那种“感觉”，相互信任，真心沟通，同甘苦共患难，胜则举杯相庆，败则生死相救，可以在一起喝酒喝茶，谈钱也不伤感情。这样的组织，

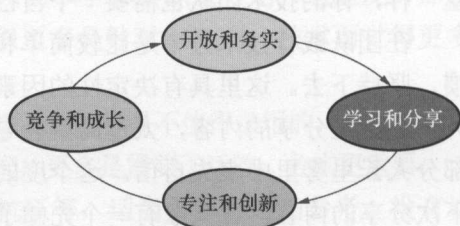


图 14-1 期望并为之奋斗的团队

这样的团队，是每个人的一种渴望和奢求。这样的组织离不开真诚沟通和团建活动。

生于世上，任何领域、任何岗位、任何地位，沟通是在所难免的。相对来说，IT 领域中，作为程序员的我们，绝大部分时间都在跟电脑沟通，人与人之间的沟通机会很少。但是，这并不意味着你可以安然地回避任何沟通，团队内部成员之间的技术沟通、非技术沟通，与团队之外成员的项目沟通，或跨部门的各种沟通，都是必不可少的。本书不与大家讨论什么沟通技巧，相关资料太多。下面提供一些团队成员之间沟通应把握的基本原则及相关团建建议。

- 沟通效率。面对面 > IM > Email > WiKi。如果可以面对面解决问题就当面聊，再不行就电话或 IM 沟通，切记 Email 不是用来沟通的，WiKi 只是用来进行团队知识沉淀、进度呈现的。
- 一对一的沟通。技术负责人需要与团队中每一位成员定期沟通，沟通前提前告知团队成员，必要的准备是有效沟通的开始，不要形式上的一问一答，最好是随意随行，同时又可以对团队成员的工作内容、现状及思考进行探知。
- 团建活动，绝佳的沟通交流机会。下午茶，月度聚餐/项目聚餐，公司旅游，这些虽然只是公司的小福利，但对团队融合凝聚力都是相当有作用的，同时也是形成团队文化的关键因素。即使公司没有这些活动，你的团队也可以自行组织一下，如下午茶、月度聚餐等。在下午茶的时间，可以进行思维切换，可以进行技术和非技术的沟通，可以同步一些项目信息等，这些都是值得团队拥有的。
- 知识沉淀。作为技术团队，如果没有自己知识的沉淀和积累，本质来说就是没有自己的核心竞争力。一个团队如同一个具体的人，如果没有核心竞争力，在公司、在社会很难有所成就。
- 知识分享。很重要，单独在下一小节阐述。

14.5 别忘了技术分享

IT 的世界，技术日新月异，每个人的精力和时间有限，每个人的侧重点或专长也会不同，技术分享是团队及团队成员成长的一个重要手段。就如很多机构和公司都会有自己的××讲堂一样，你的技术团队也需要一个自己团队的讲堂。

在团队践行技术分享是比较简单和低成本的，难点在于把它作为一种团队文化和团队习惯，坚持下去。这里具有决定性的因素有两个：一个是技术负责人，其带头作用很重要。另外一个就是分享的内容，太过简单会导致分享成为一种形式，变得冗余；太过复杂又会让大部分人云里雾里中丧失自信，这个度的把握非常重要。所以通常在本次分享完后，可以预告下次分享的内容，让大家有一个先知了解，同时对每次分享的内容可以提前在内部 WiKi 等平台公布，团队成员可以简单匿名投票决定内容的实用性和受欢迎程度。当然，在每次待分

享内容公布之前，技术负责人的把握也很重要。

技术分享具体实践时，可以是半个月或一周举行一次，时间最好不要超过2个小时（包括答疑），选择在工作时间之外的时间，如某天晚上18:30~20:30等。分享的主题任意，可以是现有架构的分享和思考，也可以是自己曾经在某个领域的技术分享，或者是对某新技术的预研探讨分享等。当然，你还可以邀请业内的技术大咖来公司进行分享。简单的分享形成良性循环后，你们团队得到的不仅仅是技术层面的知识，更多会是技术高度、技术视野以及技术人生的思考。不信？你试试。

14.6 面试，面试，再面试

“跳”还是“不跳”，三思而后行。

谈到面试，可能读者更多考虑的是跳槽，这里换一种思维，你作为团队负责人，作为面试官，你会如何去获取简历，如何去面试一个人，如何去充实你的团队？

谈具体面试前，这里先给大家一个思维。很多企业，在年终总结或制订来年计划时，都会把各个团队来年需要招聘的人头数落实，直白点就是每个团队都会根据不同业务有自己的招聘指标，而小型创业团队可能主要是随着产品业务的扩展以及融资进行团队扩充，这些都是基于团队缺人的前提下，即在需要人的时候再去招人，这种思维其实不太对。本节题目叫面试，面试，再面试，所谓重点的话说3遍，面试永远在路上，读者自行体会。

具体到招聘上，除非你是BAT或者明星企业，不然在简历的获取上你可能比较伤脑筋。传统的简历获取渠道其实很难满足业务需求，仅靠HR去捕获简历也会有严重的滞后性。自己主动出击，团队的每一个成员都是HR，都是招聘者，都是猎头，实行奖赏制度，招聘到一个××级别的人成功入职，奖励××元，实在而有效。另外，内推或者一些垂直领域的招聘渠道都是不错的选择。

简历问题解决了，如何面试呢？所谓磨刀不误砍柴工，必要的准备还是需要的。以笔者的经验，核心关注以下几点。

- 职业履历。一个人的职业履历是最基础的，通过履历可以很好地了解一个人的过往，包括工作、项目、态度等，同时还可以简单了解其职业计划。这里反对那种网上通篇的所谓标准答案，那些没问题，但更多是针对HR面，技术面觉得更多的是交流、谈心，真诚最重要。
- 技术水平。毋庸置疑，技术不行或者技术水平无法达标是不值得录用的，即使这个人各种其他软技能多么牛，毕竟技术出身的我们，更多是需要干活的，务实更重要。
- 软技能。技术之外的技能，沟通、性格、抗压等，适当了解，适当参考，没有诚信道德问题即可，这些不用太苛刻。

- 职业素质。前面反复提到，这个笔者认为是最重要的。

大家时刻准备着，不是在面试中，就是在面试的路上，现在的世界，人才是最重要的。

14.7 自我管理，扁平化

信息是企业扁平化管理的必要条件，但不是充分条件，所以靠互联网的信息流动革命要实现企业扁平化管理，恰恰忘记了人性和文化。基于信任基础企业扁平化管理的制度可以辅助企业愿景、文化与规范，相辅相成，才能创造出“自组织”和“他组织”混合协作的管理环境。——张波，“互联网+”的组织扁平化^[7]。

传统的金字塔组织结构已经沿用了数百年，直至今天还是有大部分企业采取这种组织结构，这是一种简单、稳定以及权责分明的结构。然而在现在以用户为中心的移动互联网时代，这种组织结构并不太适合，因为如果只有金字塔底部成员才能密切接触市场和用户，再一层层向上传递，那么效率等各方面都是极慢的，最主要的，等领导指示和决策时，市场又发生了变化，甚至完全不一样了，所以有了扁平化组织，将决策权下放和分散，去中心化，整个团队采取并行处理问题的方法，如图14-2所示。

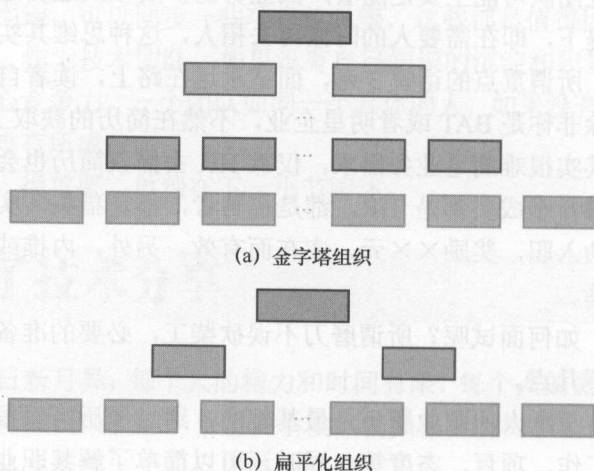


图14-2 金字塔组织与扁平化组织

扁平化团队其实有两个含义，一个是通常意义的组织结构上的，另一个是决策上的。才开始的创业小团队，实现扁平化其实比较简单，随着团队的壮大，组织结构会越来越分层和细化，功能越来越模块化，在团队扩展的过程中，通过决策下放来实现管理层级的不变，这就是扁平化团队的实质，其对团队的自组织能力要求很高，对基层管理者的能力要求也很高。那么就让你的团队在扁平化架构下，敏捷和自组织地快速发展和壮大吧。

14.8 最后，聊聊加班

加班，这对于 IT 行业从业者的码农们，是一种无法言语的痛，你的编程生涯如果没有经历过加班，可以肯定地说“你是一个假码农”，你的程序员生涯是不完整的。加班一词听起来让人有点不那么舒服，那就换一个词——“奋斗者文化”。正所谓无奋斗，不成长；无奋斗，不人生，就让我们光明正大地来加班吧。

其实，笔者工作这么多年，经历了大到传统家电行业、BAT 巨头、世界 500 强，小到不足 10 人的创业团队，加班似乎已经司空见惯。遥想当年，才毕业那会，根本不知道什么是加班，每天激情工作。记得第一份工作中，最多的时候，同时有五六个项目并行，连部长都过来慰问，看是否忙得过来，当时天真地答复“还好”。

在加班面前，另外一个词更加重要——效率。效率绝对比加班重要万倍。当然，这里对效率要进行一个说明，效率并不是指单位时间内谁干的活多，这是很多人的误解，正确应该理解成平均时间内谁的贡献最大，价值最大。所以，回到加班这个问题上，在现在这种以快制胜的互联网时代，加班是必然的，特别是创业型小团队。加班是团队成员自主的，是为了攻关某个重要项目而做的一件事，工作是为了生活，努力工作则是为了更好地生活。

14.9 本章小结

本章是我对高效团队的一些实用经验分享，包括代码规范、Code Review、沟通和团建、技术分享、晨会、招聘等，可能存在片面性，那么，就让大家一起团结共进，众志成城。

14.10 推荐资料

- [1] Google Java 编程风格指南.
- [2] Google Android 编码规范.
- [3] Google 开源项目风格指南.
- [4] 阿里巴巴 Java 开发手册.
- [5] 马丁. 代码整洁之道. 北京：人民邮电出版社，2010.
- [6] Things Everyone Should Do.
- [7] 张波. “互联网+”的组织扁平化.

第四篇 拓展篇

第15章

架构师那点事

	大话全栈工程师
	架构师思维
	学而时习之
架构师那点事	软技能
	本章小结
	推荐资料

本章内容概览

15.1 大话全栈工程师

Full Stack Developer, What's the shell?

A Full Stack Developer is someone with familiarity in each layer, if not mastery in many and a genuine interest in all software technology.^[1]——What is a Full Stack Developer?

全栈工程师一词出现以来，一直都争议不断，左边赞成右边反对——这声音不绝于耳。笔者不打算“偏袒”任何一方，而是从另一个视角来进行解读和阐述。全栈和专家的一个简单对比如图 15-1 所示。

- 全栈工程师，调侃一点说就是全沾、全粘、全战工程师。沾表示广度，拥有 T 字形的你要不断扩宽自己的宽度；粘表示融合，集大家之所长，成境界之所见，将各路资源很好地联结和整合；战表示战士，你得像一名勇士一样战斗，拓展新领域、新地盘。全栈工程师的未来是无栈，正所谓无为胜有为，就是这个道理。
- 专家，就是在这个行业的能手。
- 全栈强调技术的广度，多在创业型公司，强调多维度解决问题的能力，出产品活下去是首要目标；专家强调技术的深度，多在巨头型企业，关注性能、算法等垂直领域。

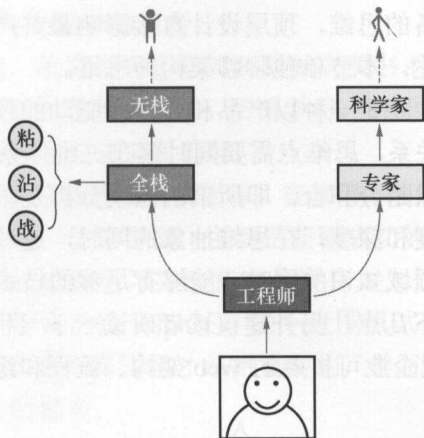


图 15-1 全栈与专家

- 不要以为全栈工程师什么都会，如果以这样的观点看全栈，或者打算成为这样的全栈工程师，那这本身就是一个错误的方向。笔者认为的全栈主要是指全局解决问题的思路，毕竟条条大路通罗马，要以解决问题的思路去经营你的全栈，成为一个真正的战士；也不要以为专家就是单纯一个领域的资深，一专多长。总之，这就是我们面对的社会和现实。所以，不要再折腾所谓的专家和全栈，拥有一定功底后，其实这都不是什么问题，即使大到一个新领域，小到一种新语言的出现，也只是短暂的适应，迅速地解决问题才是关键，要以问题、以项目为驱动，去经营你的全栈和专家之路。全栈，走起！
- 最后，以笔者自身为例，请读者评议一下笔者到底是全栈还是专家？笔者硬件出身，拥有良好的模电数电基本功，画过原理图，绘过 PCB，焊过元器件，捣鼓过 SCM、ARM、FPGA 等；算法功底，深入图像算法识别研究，了解机器学习，模式分类基础算法；转行移动软件开发。2011 年到现在，一直没能跳出移动互联网这个行业，Android 领域，从底到上，从前到后，多多少少都有实践或接触；期间由于业务需求，需上 iOS，也是顺手拿来，学习 Swift，开发 iOS App，顺利上线；去年又由于项目原因，需要使用 Unity 3D，更是平滑切换；而今面临 AI 的大潮……想想这十多年来 IT 从业的苦楚和欢乐，如果需要添加所谓的技能或者语言标签，估计一页纸都无法贴完，而后多年，继续耕耘，继续拓展……
- 记住，你不是在简单地写代码，要以做产品的心态去编码，真正完成属于自己的作品。

15.2 架构师思维

架构师的我们或者架构士路上的我们，Thinking in Architecture，架构的思维是我们在对

具体产品和业务计划开发必备的思维，顶层设计直接影响最终产品的交付，关于架构和架构设计，前面章节已经多有阐述，本节单独聊聊架构师思维。

笔者理解的架构师思维主要是一种以产品和业务为驱动的顶层解决问题的思维，需要同时考虑产品、人和技术3重关系，思维点需要同时落在三维体系中，如图15-2所示。虽然架构师很多时候做的工作其实只是分和合，即所谓的系统分拆及重新组合，但综合能力要求很高，需要同时具备思维的高度和深度，在思维抽象的同时，透过问题看本质；需要同时具备技术的广度和深度，涉猎多领域知识的同时，能够有足够的技术前瞻思维；需要沟通，也需要平衡。架构师核心包含以下几点，另外建议读者研读一下《程序员的职业素养》^[3]《架构之美》^[4]《架构即未来：现代企业可扩展的Web架构、流程和组织》^[5]等书籍。

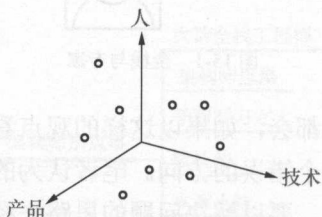


图 15-2 架构师思维中的人、产品和技术

- 产品思维。产品和业务是你需求的来源，要先理解真正的 Why，再开始你的设计。
- 技术架构。这就涉及很多了，如模块化思想，黑箱原则，封装、封装、再封装等。如果已有适合的成熟的轮子，尽量不要去重复造轮子。
- 人文思维。技术的落实和实现，业务的沟通，部门的配合，产品的推广等，这一切都离不开人；同时，始终牢记用户才是你真正的上帝，架构师需要拥有人文思维，因此，要拥有用户思维，为用户服务，做一个有情怀的架构师。
- 架构师的境界，看山是山，看水是水；看山不是山，看水不是水；看山还是山，看水还是水。实践是检验真理的唯一标准，少些理论，多点实践。

15.3 学而时习之

知而好学，然后能才。——荀子

生命不息，学海无涯，学习不止。学习是一件一辈子的事情，特别是在信息高速发展下的 IT 技术领域，技术更新迭代的速度非常快，你现在为之奋斗的 Android/iOS，你现在拥有的几种技术语言，可能隔几年就变了。你如果无法跟随时代潮流，就只能被技术洪流给抛弃，这是本书很多章节都反复阐述的一个思想。学习了什么真的没那么重要，重要的是你知道如

何去学习和思考。下面整理几点笔者的思考。

- 首先，阐明一个观点，收藏不等于学习，就如同买书不等于看书，收藏了很多资料，买了很多书，不意味着你学习成长了。所谓学习，必须是在阅读的基础上理解，在理解的基础上提炼属于自己的知识和思维。
- 主动学习。要想从一个领域的菜鸟到专家，在攀登职业阶梯的路上，一切都离不开主动学习。不仅仅是学习，任何事情，主动是获取成功的第一步。
- 记忆力式学习法。纯记忆的学习方法其实是没有太大效果的，采用这种方法，机器可以比你做得更好，不信你跟 AlphaGo 去下盘围棋试试？我们的学习不单纯是知识的累计和记忆的存储，思考和联想才是更重要的，学习是让你拥有更全面的思维、更广泛的视野、更深入的思考。
- 关键词学习法（Key-Words）。目前网络的发展和普及，已经到了知识泛滥的程度，信息无处不在，个人的精力是极其有限的，如何在有限的时间里去有效地获取更多、更全面的知识呢？分享一种笔者一直践行的方法——关键词学习法，利用零散时间，通过朋友圈、微博、知乎以及各种技术或非技术头条或者论坛等渠道搜集阅读实用文章，针对文章中的核心以及一些关键信息，提取关键词，对关键词进行记录，而后固定时间（如一周）进行整理，有需要的再单列专题，深入研究，完成知识的沉淀，大致的一个流程如图 15-3 所示。

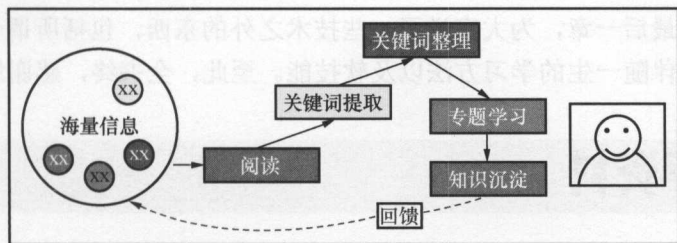


图 15-3 关键词学习法

- 学习永无止境，没有终点。学习就是改变——改变自己，改变结果。但是，切记不要为了学习而学习！

15.4 软技能

软技能（Soft skill），与你的硬技能相对应，是一种技术之外的能力，可以说软技能越高，处理事情的能力越强。架构师路上的我们，专业技术水平之外，一定的软技能是必需的。涉及软技能与人相关的方方面面，如图 15-4 所示，包括你工作职业上的社交沟通，你的个人管

理, 学习成长, 自我品牌的营销, 身心健康和理财投资的关注等, 这里不再展开叙述, 建议大家参阅《软技能: 代码之外的生存指南》^[2]一书。

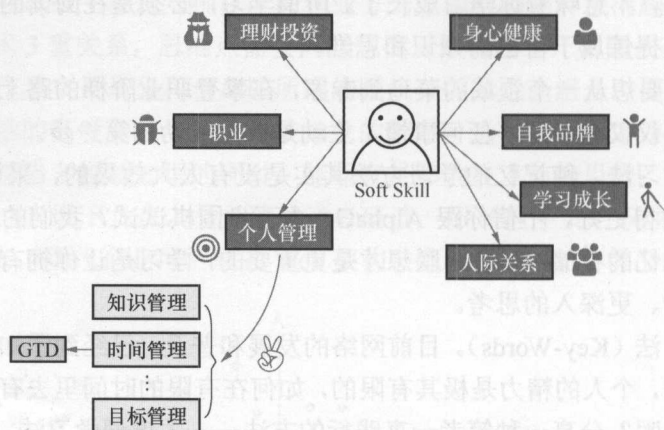


图 15-4 软技能

15.5 本章小结

本章是本书的最后一章, 为大家说了一些技术之外的东西, 包括所谓全栈工程师, 架构师的思维和素养, 伴随一生的学习方法以及软技能。至此, 全书终, 感谢您的阅读与欣赏。

15.6 推荐资料

- [1] What is a Full Stack Developer?.
- [2] John Sonmez. 软技能: 代码之外的生存指南. 王小刚, 译. 北京: 人民邮电出版社, 2016.
- [3] 马丁. 程序员的职业素养. 北京: 人民邮电出版社, 2012.
- [4] Diomidis Spinellis 等. 架构之美. 王海鹏等, 译. 北京: 机械工业出版社, 2010.
- [5] Martin L.Abbott, Michael T.Fisher. 架构即未来: 现代企业可扩展的 Web 架构、流程和组织. 陈斌, 译. 2 版. 北京: 机械工业出版社, 2016.



作者简介

SkySeraph, 前阿里资深软件工程师/图像算法工程师, 擅长移动应用和图像算法开发, 在计算机视觉、无线互联以及软件测试生态链工具等多领域有深入研究和较深刻理解。曾在多家创业公司担任技术顾问和技术总监职位, 某知名企业培训机构企业内训高级讲师, 某在线教育平台 Android 讲师。在国家核心期刊发表文章3篇, 国家发明专利22件, 国内第一本NFC书籍《Android NFC 开发实战》作者。

答疑公众号: skyseraph



异步社区 www.epubit.com.cn
新浪微博 @人邮异步社区
投稿/反馈邮箱 contact@epubit.com.cn

封面设计: 广领设计
分类建议: 计算机 / 程序设计
人民邮电出版社网址: www.ptpress.com.cn

ISBN 978-7-115-47709-5



9 787115 477095 >

ISBN 978-7-115-47709-5

定价: 79.00 元